



Научно-технический журнал
Орловского государственного
технического университета

Издается с 2003 года.

Выходит шесть раз в год

№4/24 (572) 2009

(июль-август)

СТРОИТЕЛЬСТВО И РЕКОНСТРУКЦИЯ

Известия ОрелГТУ

Учредитель – государственное образовательное учреждение высшего
профессионального образования

«Орловский государственный технический университет»

Содержание

Теория инженерных сооружений. Строительные конструкции

Бондаренко В.М., Римшин В.И., Рощина С.И. Расчет композитных строительных конструкций на основе древесины с учетом ползучести.....	3
Брусова В.И., Гордон В.А. Переходный процесс в нагруженной балке при отсоединении части продольного слоя.....	8
Делова М.И. Оценка напряжений и предельные условия прочности клееных деревянных конструкций.....	11
Клюева Н.В., Бухтиярова А.С., Андросова Н.Б. К анализу исследований живучести конструктивных систем при запроектных воздействиях.....	15
Колчунов В.И., Бакаева Н.В., Скобелева Е.А. К анализу риска возникновения чрезвычайных ситуаций на объектах образования.....	22
Потураева Т.В., Гордон В.А. Динамическое догружение свободно опертой нагруженной балки, инициированное образованием трещины.....	28
Пятикрестовский К.П., Соколов Б.С. Численные исследования напряженно-деформированного состояния модели шатрового покрытия при длительных ступенчато возрастающих нагрузках.....	33
Рощина С.И. Расчет сжато-изгибаемых элементов армированных деревянных конструкций при длительном действии нагрузки.....	39
Чупичев О.Б. Вариант учета коррозионных повреждений железобетона.....	42

Архитектура и градостроительство

Воробьев С.А., Поздняков А.Л., Козлов Д.З. Мониторинг качества окружающей среды с позиции концепции биосферной совместимости на примере парковых ландшафтов г. Орла.....	44
Захарова О.А., Захаров И.М., Неделин В.М. К вопросу воссоздания Орловского Кремля второй половины XVII века.....	48
Надуткин В.А., Коробко В.И., Турков А.В. О поисках локальных решений транспортных проблем г. Орла в условиях бюджетного дефицита.....	52
Позняк С.В. Социальные аспекты развития школьного здания в постиндустриальном обществе.....	56
Федосова С.И. Экологические основы оценки качества элементов благоустройства городских территорий.....	62

Строительные материалы и технологии

Мелихов О.О. Минимизация энергозатрат при обезвоживании битума на АБЗ.....	65
Подгорнов Н.И., Коротеев Д.Д. Теплоаккумулирующие и комбинированные энергетические системы и установки для термообработки бетона с использованием солнечной энергии.....	70
Шинтяпкин В.В. Модернизация ямных битумохранилищ с целью снижения энергозатрат и сохранения качества битума.....	77

Редакционный совет:

Голенков В.А. д.т.н., проф.,

председатель

Радченко С.Ю. д.т.н., проф.,

зам. председателя

Борзенков М.И. к.т.н., доц.

Колчунов В.И. д.т.н., проф.

Константинов И.С. д.т.н., проф.

Новиков А.Н. д.т.н., проф.

Попова Л.В. д.э.н., проф.

Степанов Ю.С. д.т.н., проф.

Главный редактор:

Колчунов В.И. акад. РААСН, д.т.н., проф.

Заместители главного редактора:

Гончаров Ю.И. д.т.н., проф.

Колесникова Т.Н. д. арх., проф.

Коробко В.И. д.т.н., проф.

Данилевич Д.В. к.т.н., доц.

Редколлегия:

Бондаренко В.М. акад. РААСН, д.т.н., проф.

Карпенко Н.И. акад. РААСН, д.т.н., проф.

Коробко А.В. д.т.н., проф.

Король Е.А. чл.-корр. РААСН, д.т.н., проф.

Меркулов С.И. чл.-корр. РААСН, д.т.н., проф.

Ольков Я.И. акад. РААСН, д.т.н., проф.

Римшин В.И. чл.-корр. РААСН, д.т.н., проф.

Серпик И.Н. д.т.н., проф.

Турков А.В. д.т.н., проф.

Федоров В.С. чл.-корр. РААСН, д.т.н., проф.

Чернышов Е.М. акад. РААСН, д.т.н., проф.

Ответственные за выпуск:

Никулин А.И. к.т.н., доц.

Солопов С.В.

Адрес редколлегии:

302006, Россия, г. Орел,

ул. Московская, 77.

Тел.: +7 (4862) 73-43-49;

www.ostu.ru

E-mail: oantc@ostu.ru

Зарегистрировано в Федеральной службе

по надзору в сфере связи и массовых ком-

муникаций. Свидетельство:

ПИ № ФС77-35718 от 24 марта 2009 г.

Подписной индекс **86294** по объединенному

каталогу «Пресса России»

© ОрелГТУ, 2009

Editorial council:

Golenkov V.A. *Doc. Sc. Tech., Prof., president*
Radchenko S.Y. *Doc. Sc. Tech., Prof., vice-president*
Borzenkov M.I. *Candidat Sc. Tech., Assistant Prof.*
Kolchunov V.I. *Doc. Sc. Tech., Prof.*
Konstantinov I.S. *Doc. Sc. Tech., Prof.*
Novikov A.N. *Doc. Sc. Tech., Prof.*
Popova L.V. *Doc. Ec. Tech., Prof.*
Stepanov Y.S. *Doc. Sc. Tech., Prof.*

Editor-in-chief

Kolchunov V.I. *Doc. Sc. Tech., Prof.*

Editor-in-chief assistants:

Goncharov Y.I. *Doc. Sc. Tech., Prof.*
Kolesnikova T.N. *Doc. Arc., Prof.*
Korobko V.I. *Doc. Sc. Tech., Prof.*
Danilevich D.V. *Candidat Sc. Tech., Assistant Prof.*

Editorial committee

Bondarenko V.M. *Doc. Sc. Tech., Prof.*
Karpenko N.I. *Doc. Sc. Tech., Prof.*
Korobko A.V. *Doc. Sc. Tech., Prof.*
Korol E.A. *Doc. Sc. Tech., Prof.*
Merkulov C.I. *Doc. Sc. Tech., Prof.*
Olkov Y.I. *Doc. Sc. Tech., Prof.*
Rimshin V.I. *Doc. Sc. Tech., Prof.*
Serpik I.N. *Doc. Sc. Tech., Prof.*
Turkov A.V. *Doc. Sc. Tech., Prof.*
Fyodorov V.S. *Doc. Sc. Tech., Prof.*
Chernyshov E.M. *Doc. Sc. Tech., Prof.*

Responsible for edition:

Nikulin A.I. *Candidat Sc. Tech., Assistant Prof.*
Solopov S.V.

Address

302006, Orel,
Street Moscow, 77
+7 (4862) 73-43-49
www.ostu.ru
E-mail: oantc@ostu.ru

Journal is registered in Federal service on supervision in sphere of communication and mass communications
The certificate of registration:
ИИ № ФС77-35718 from 24.03.09

Index on the catalogue of the «**Pressa Rossii**» **86294**

©OSTU, 2009

Contents

Theory of engineering structures.

Building units

Bondarenko V.M., Rimshin V.I., Roshchina S.I. Computation of composite building units based on wood taking into account creep.....	3
Broussova V.I., Gordon V.I. Transient in a loaded beam at disconnection of longitudinal layer.....	8
Delova M.I. Stresses estimate and extreme conditions of strength for glu lams.....	11
Klyueva N.V., Buhtijarova A.S., Androsova N.B. To the analysis of researches of survivability of constructive systems at undesigned influences.....	15
Kolchounov V.I., Bakayeva N.V., Skobeleva H.A. To analysis of emergency risks in school premises.....	22
Potourayeva T.V., Gordon V.A. Simply supported loaded beam dynamic loading initiated by crack formation.....	28
Pyatikrestovsky K.P., Sokolov B.S. Numerical researches of deflected mode in model of hipped roof at continuous stepwise increasing loads.....	33
Roshchina S.I. Computation of compressed-flexural elements of reinforced structural timber works at continuous loading effect.....	39
Choupichev O.B. Account choice of corrosive damages in reinforced concrete.....	42

Architecture and town-planning

Vorobyov S.A., Pozdnyakov A.L., Kozlov D.Z. Environment quality monitoring from the viewpoint of concept of biosphere compatibility by example park landscapes of Orel.	44
Zaharova O.A., Zaharov I.M., Nedelin V.M. To a question of a reconstruction of the Oryol Kremlin of second half XVII century.....	48
Nadutkin V.A., Korobko V.I., Turkov A.V. About searches of local decisions of transport problems of a city of the Orel in the conditions of budgetary deficiency.....	52
Pozdnyak S.V. Social aspects of school premises development in post-industrial society..	56
Fedossova S.I. Ecological fundamentals for quality estimation of municipal improvements..	62

Motor transport, construction site engines, service and repair

Melikhov O.O. Minimization of power inputs at bitumen dehydration at bituminous concrete plants.....	65
Podgornov N.I., Koroteyev D.D. Thermo-accumulating and combined power systems and equipment for concrete thermal treatment with solar energy use.....	70
Shintyapkin V.V. Bitumen depot pit modernization for power inputs decrease and bitumen quality conservation.....	77

УДК 624.072.2.011

БОНДАРЕНКО В.М., РИМШИН В.И., РОЩИНА С.И.

РАСЧЕТ КОМПОЗИТНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ОСНОВЕ ДРЕВЕСИНЫ С УЧЕТОМ ПОЛЗУЧЕСТИ

Современные нормы проектирования требуют выполнения расчетов конструкции с учетом влияния ползучести, что вызывает необходимость освоения теории и практики расчета армированных деревянных конструкций с учетом влияния длительных процессов.

Решение распространяется на область линейной ползучести, в которой деформации в любой фиксированный момент времени линейно связаны с длительно действующими напряжениями. При этом учитывается, что при напряжениях, не превышающих предел длительной прочности, древесина практически относится к линейно ползучим материалам.

Ключевые слова: ползучесть, армированные деревянные конструкции.

Present-day design standards require carrying out a building unit computation taking into account a creep effect that causes a necessity of mastering the theory and practice in computation of reinforced timber work constructions taking into account a process duration effect.

The solution applies to the sphere of a linear creep where deformations are connected with long-term acting stresses linearly at any definite time moment. At that it is taken into account that at stresses not exceeding long-term strength limits the timber belongs actually to linearly creeping materials.

Keywords: creep, the reinforced wooden designs, linearly creeping material.

Для композитных конструкций, к числу которых относятся армированные деревянные конструкции, необходим учет влияния специфических свойств древесины как строительного материала. Специфическим свойством древесины, в большей мере влияющим на работу армированных деревянных конструкций, является ползучесть.

Ползучесть вызывает развивающиеся во времени деформации древесины. Арматура, сопротивляясь развитию этих деформаций, является источником возникающих дополнительных усилий, приводящих к изменению напряженно-деформированного состояния. При этом необходимо учитывать, что ползучесть вызывает двухзначные деформации древесины. В растянутой зоне в результате ползучести развиваются удлинения, а в сжатой – укорочение. Ползучесть приводит к увеличению напряжений в арматуре и уменьшению их в древесине. В изгибаемых и сжато-изгибаемых армированных деревянных конструкциях ползучесть вызывает в древесине дополнительные напряжения, обратные по знаку напряжениям, вызываемым внешней нагрузкой.

Во всех случаях ползучесть изменяет общие деформации (прогибы, углы поворотов), что вызывает необходимость к изменению во времени значений лишних неизвестных в статически неопределимых системах. При этом изменяются и силовые факторы (изгибающие моменты, нормальные и поперечные силы во всех сечениях).

Современные нормы проектирования требуют выполнения расчетов конструкции с учетом влияния ползучести, что вызывает необходимость освоения теории и практики расчета армированных деревянных конструкций с учетом влияния длительных процессов.

Действительная работа несущих деревянных конструкций, к числу которых относятся и армированные деревянные конструкции, при эксплуатации связана с действием постоянных и длительно действующих нагрузок; их влияние на прочность, деформативность и надежность конструкций необходимо учитывать при проектировании.

В настоящее время реологические свойства древесины, стальной арматуры и соединяющих их клеев в достаточной мере изучены. Изученные характеристики ползучести стальной арматуры, клеевых композиций (особенно эпоксидных) при нормальных температурах и малое время затухания деформационных процессов для этих материалов позволяют сделать вывод, что основной причиной изменения напряженно-деформированного состояния армированных деревянных конструкций во времени является ползучесть древесины.

Особенностью работы таких конструкций во времени является повышенная деформативность, вызванная ползучестью и снижением модуля упругости древесины.

Для решения задачи определения напряженно-деформированного состояния армированных деревянных элементов с учетом длительных силовых воздействий в условиях нормальной эксплуатации примем допущения: стальная арматура во времени работает упруго и жестко соединена с древесиной ($\varepsilon_s = \varepsilon_d$); изменение деформаций по высоте сечения элемента во времени пропорционально расстоянию до нейтрального слоя, т.е. в основу расчета положена первая стадия напряженно-деформированного состояния – стадия условно-упругой работы, что соответствует нормативным требованиям расчета несущих деревянных конструкций по предельным состояниям, т.к. практический интерес представляет изучение напряженно-деформированного состояния конструкций при действии эксплуатационных нагрузок, при которых деформации находятся в зоне затухающей ползучести.

Решение распространяется на область линейной ползучести, в которой деформации в любой фиксированный момент времени линейно связаны с длительно действующими напряжениями. При этом учитывается, что при напряжениях, не превышающих предел длительной прочности, древесина практически относится к линейно ползучим материалам.

До настоящего времени нет полного физико-химического объяснения природы ползучести древесины. При этом наиболее распространенная точка зрения на природу ползучести сводится к тому, что развитие этих деформаций является следствием перемещения (выдавливания) воды в стенках клеток, вязких деформаций и деформаций клеточно-волоконистого скелета.

Теории ползучести подразумевают установление зависимости между напряжениями, деформациями и временем, что может быть представлено в виде функции:

$$\varepsilon(t) = \phi[\sigma(t); t \text{ и } \tau], \quad (1)$$

где $\varepsilon(t)$ – полная относительная деформация в момент времени t ; $\sigma(t)$ – напряжение в любой момент времени; t – время отсчета; τ – текущая координата времени.

В современных условиях все существующие теории ползучести носят феноменологический характер, т.е. основаны на описании наиболее изученных экспериментальных явлений.

Рассмотрим решение задачи на основе математического аппарата теории упруго-ползучего тела.

Этот метод позволяет получить более точное суждение о напряженно-деформированном состоянии конструкций, т.к. учитывает не только изменение модуля упругости материалов и коэффициента армирования, но и характеристику ползучести.

Для решения используем интегральные уравнения одноосной задачи ($\tau_1 = 0$):

$$\varepsilon(t) = \frac{\sigma(t)}{E(t)} + \int_0^t \frac{\sigma(\tau)}{E(\tau)} K(t, \tau) d\tau; \quad (2)$$

$$\frac{\sigma(t)}{E(t)} = E(t) - \int_0^t E(\tau) K(t, \tau) d\tau. \quad (3)$$

Для случая изгиба при $\tau_1 = 0$ аналогично имеем:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_s(t) &= f_1(t) - \int_0^t f_1(\tau) H(t, \tau) d\tau \\ \sigma_d(t, y) &= f_2(t, y) - \int_0^t f_2(\tau, y) H(t, \tau) d\tau \end{aligned} \right\}, \quad (4)$$

где $H(t, \tau)$ – резольвента ядра $K(t, \tau)$.

Рассматриваем прямоугольное сечение симметрично армированного элемента.

Основываясь на выше изложенных предпосылках расчета ползучести, определим напряжения в изгибаемом элементе от внешнего момента в любой момент времени из условия равенства моментов, воспринимаемых арматурой и древесиной, относительно оси, проходящей через упругий центр сечения:

$$M = M_s(t) + M_d(t), \quad (5)$$

где $M_s(t)$ и $M_d(t)$ – соответственно, моменты, воспринимаемые арматурой сжатой и растянутой зон сечения и древесиной в момент времени t ; M – изгибающий момент от внешней нагрузки.

Принимаем допущение, что напряжения в сечении элемента изменяются по линейному закону, после преобразований уравнение совместности деформаций арматуры и древесины на уровне нижней (верхней) арматуры имеет вид:

$$\frac{\sigma_s(t)}{E_s} = \frac{\sigma_d}{E_d} + \frac{f(\sigma_d)\varphi_t}{E_d} + \int_0^t \left\{ \frac{1}{E_d(\tau)} \frac{d\sigma_d(\tau)}{d\tau} + \frac{df[\sigma_d(\tau)]\varphi_t - \varphi_\tau}{E_d} \right\} d\phi, \quad (6)$$

где E_d – начальный модуль упругости древесины в момент загрузки; φ_t – характеристика ползучести.

Учитываем, что:

$$\frac{d\sigma_d(t)}{f[\sigma_d(t)]} = - \frac{d\varphi_t}{E_d \left[\frac{1}{E_d(1+\delta\varphi_t)} + \frac{1}{E_a\mu\rho} \right]} \quad (7)$$

при $\rho = y^2 / \lambda^2$, $\mu = A / F_d$.

Интегрируя (7) с учетом нелинейной функции Н.Х. Арутюняна:

$$f[\sigma_d(t)] = \sigma_d(t) + \beta_0 \sigma_d^2(t), \quad (8)$$

где β_0 – функция уровня напряжений, определим краевые напряжения в древесине в произвольный момент времени:

$$\sigma_d(t) = \left[\frac{e^{-\xi\varphi_t}}{1 + \beta_0 \sigma_d (1 - e^{-\xi\varphi_t})} \right] \sigma_d, \quad (9)$$

где σ_d определяется на момент загрузки.

Обозначая переменную часть формулы (9), заложенную в квадратных скобках, как коэффициент влияния K_d и конечное значение соответствующее $t = \infty$ как $K_d(t)$, имеем:

$$\sigma_d(t) = \sigma_d K_d(t). \quad (10)$$

С целью упрощения решения примем выражение ξ по И.И. Улицкому:

$$\xi = n\mu / (1 + n\mu\rho).$$

В момент времени $t = 0$ уравнение:

$$\sigma_d(t) = \frac{M}{I_0} \cdot y - \mu \cdot \rho \cdot \sigma_s(t) \quad (11)$$

принимает вид: $\sigma_d = \frac{M}{I_0} \cdot y - \mu \cdot \rho \cdot \sigma_s$, тогда (12)

$$\sigma_d(t) - \sigma_d = \mu \cdot \rho [(\sigma_s - \sigma_s(t))], \quad (13)$$

откуда $\sigma_s(t) = \left[\frac{1}{\mu \cdot \rho} \cdot (\sigma_d - \sigma_d(t)) + \sigma_s \right]$. (14)

С учетом (6) после преобразований имеем:

$$\sigma_s(t) = \sigma_s \left[1 + \frac{1}{n \cdot \mu \cdot \rho} \frac{(n + \beta_0 \sigma_s)(1 - e^{-\xi \cdot \varphi_t})}{1 + \beta_0 \sigma_s (1 - e^{-\xi \cdot \varphi_t})} \right]. \quad (15)$$

Переменную часть выражения (15), заключенную в квадратных скобках, обозначим как коэффициент влияния при $t = \infty$ через $K_s(t)$. Тогда:

$$\sigma_s(t) = \sigma_s K_s(t). \quad (16)$$

Поскольку при эксплуатационных воздействиях армированные деревянные конструкции работают в условиях линейной ползучести древесины, т.е. $\beta_0 = 0$, значения коэффициентов влияния запишем в виде:

$$K_d(t) = e^{-\xi \varphi_t}; \quad K_s(t) = \left[1 + \frac{1}{n \mu \rho} \cdot (1 - e^{-\xi \varphi_t}) \right]. \quad (17)$$

По результатам исследований и литературным данным при $\sigma_d(t) \leq \sigma_{дл.}$ значение φ_t изменяется в пределах 0,18..0,35.

Для практических расчетов коэффициенты влияния $K_d(t)$ и $K_s(t)$ удобно определять по графикам в зависимости от φ_t и μ , построенным по формулам (17) (рисунки 1, 2, 3).

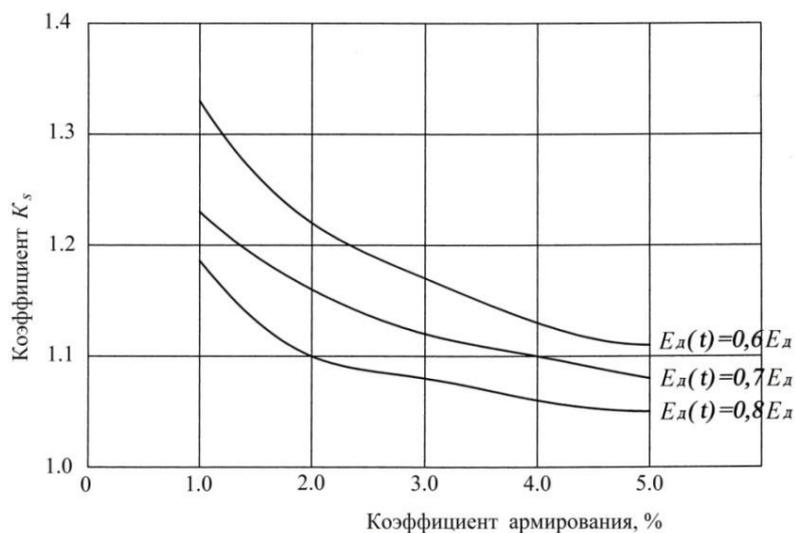


Рисунок 1 – Зависимость коэффициентов перераспределения усилий в арматуре от коэффициента армирования

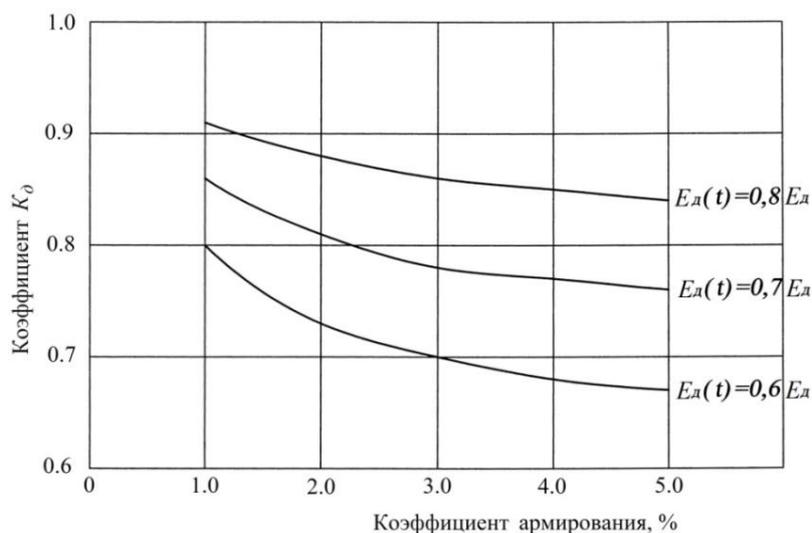


Рисунок 2 – Зависимость коэффициентов перераспределения усилий в древесине

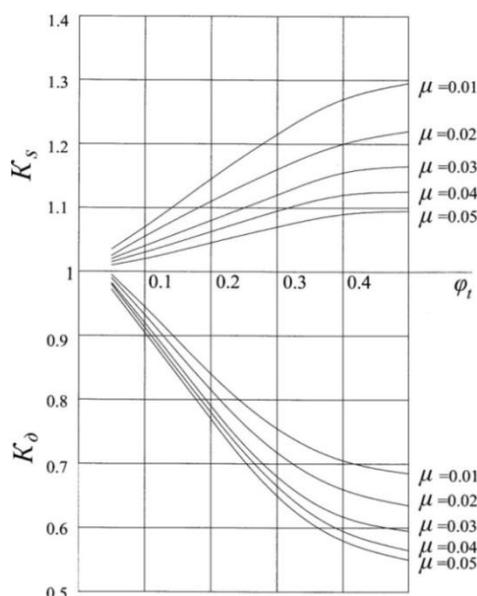


Рисунок 3 – Зависимость изменения коэффициентов K_s и K_d от коэффициента армирования и характеристики ползучести древесины ϕ_t

Проведенные численные исследования армированных деревянных конструкций с использованием ПК «ЛИРА 9.2» при поперечном изгибе позволяют более полно проанализировать напряженно-деформированное состояние конструкций при длительном действии нагрузки и сопоставить полученные результаты с теоретическими. Анализ полученных результатов показал их достаточно хорошую сходимость (при разнице от -12,5 до +14%), что подтверждает необходимость учета перераспределения усилий и возможность использования для расчетов зависимостей, полученных теоретически.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рощина, С.И. Методы расчета изгибаемых армированных деревянных элементов с учетом длительного действия нагрузки на основе теории упруго-ползучего тела [Текст] / С.И. Рощина, В.М. Бондаренко, В.И. Римшин // Современные проблемы механики строительных конструкций: Материалы международного конгресса «Наука и инновации в строительстве SIB-2008», том 2. – Воронеж, 2008. – С. 51-57.
2. Аругюнян, А.Х. Расчет строительных конструкций с учетом ползучести [Текст] / А.Х. Аругюнян, А.А. Зевин. – М.: Стройиздат, 1988. – 256 с.
3. Щуко, В.Ю. Клееные армированные деревянные конструкции [Текст] / В.Ю. Щуко, С.И. Рощина. – Владимир, 2008. – 67 с.

Бондаренко В.М.

Московская государственная академия коммунального хозяйства и строительства, г. Москва
Академик РААСН, доктор технических наук, профессор
Тел.: +7 (495) 678-32-05

Римшин В.И.

Московская государственная академия коммунального хозяйства и строительства, г. Москва
Член-корреспондент РААСН, доктор технических наук, профессор
Тел.: +7 (495) 678-32-05

Рощина С.И.

Владимирский государственный университет, г. Владимир
Кандидат технических наук, доцент
Тел.: +7 (4922) 47-98-04
E-mail: roshinasi@mail.ru

УДК 539.3

БРУСОВА В.И., ГОРДОН В.А.

ПЕРЕХОДНЫЙ ПРОЦЕСС В НАГРУЖЕННОЙ БАЛКЕ ПРИ ОТСОЕДИНЕНИИ ЧАСТИ ПРОДОЛЬНОГО СЛОЯ

В работе [1] оценивались динамические догрузки в шарнирно опертой балке, подвергнутой чистому изгибу, при внезапном отсоединении по всей длине балки слоя постоянной толщины. Показано значительное превышение прогибов и напряжений по сравнению с прогибами и напряжениями, возникающими при таком же частичном разрушении, но произошедшем квазистатически. Исследована зависимость параметров догрузки от толщины отсоединяющегося слоя. В настоящей работе на примере заделанной по обоим концам равномерно нагруженной распределенной нормальной к оси нагрузки рассматривается другой вид структурного преобразования данной несущей конструкции.

Ключевые слова: продольный слой, структурные преобразования, несущая конструкция.

In the paper [1] there were estimated dynamic loadings in a simply supported beam subjected to a pure bending at a sudden cut off along its full length a layer of a constant thickness. A considerable excess of deflections and stresses as compared with those arising at the same partial destruction but occurred quasistatically is shown. The dependence of loading parameters upon a thickness of disconnecting layer is investigated. In this paper by the example of the beam restrained at both ends uniformly loaded with the load distributed normally to the axis is considered other kind of the structural transformation of the given load-carrying structure.

Keywords: longitudinal layer, the structural transformations, bearing design.

Рассматривается частичное разрушение несущей конструкции, выражающееся в мгновенном отслоении слоя толщиной h и длиной l возле левой заделки. Расчетная схема и размеры конструкции приведены на рисунке 1. В результате внезапно изменяются геометрические характеристики поперечного сечения: длина, высота, площадь и осевой момент инерции. Возникают изгибные колебания, в ходе которых деформации и напряжения превысят статические показатели и могут привести либо к потере несущей способности, либо к деформациям, затрудняющим функционирование конструкции. Представляет теоретический и практический интерес установление связи между размерами отсоединившейся части и параметрами напряженно-деформированного состояния стержня в ходе колебательного процесса.

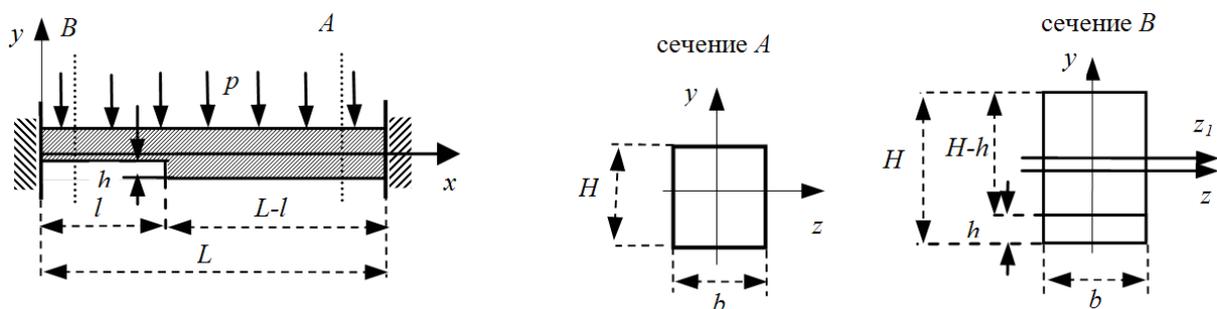


Рисунок 1 – Расчетная схема и размеры конструкции

Изгибные колебания левой части описываются уравнением:

$$\frac{\partial^{4, \lambda} \bar{W}}{\partial \xi^4} + \frac{\partial^{2, \lambda} \bar{W}}{\partial \tau^2} = -{}^{\lambda} \bar{P}, \quad (1)$$

где $\xi = \frac{x}{L}$; ${}^a\bar{W} = \frac{{}^aW}{L}$; $\alpha = \frac{h}{H}$; $\tau = \frac{(1-\alpha)t}{L^2} \sqrt{\frac{EJ_z}{\rho A}}$; ${}^a\bar{p} = \frac{pL^3}{EJ_z(1-\alpha)^3}$; x – продольная координата, t – время; aW – прогибы левой части стержня; E – модуль упругости; J_z , A – момент инерции и площадь поперечного сечения; ρ – плотность; p – интенсивность равномерно распределенной нагрузки.

Решение уравнения, полученного разделением переменных ${}^a\bar{W} = {}^a\bar{W}_0(\xi)e^{i\omega\tau}$, найдено методом начальных параметров с использованием функций Крылова:

$${}^a\bar{W}_0 = {}^aW_0'' K_2(\xi) + {}^aW_0''' K_1(\xi). \quad (2)$$

Уравнение изгибных колебаний правой части:

$$\frac{\partial^4 {}^n\bar{W}}{\partial \xi^4} + \frac{\partial^2 {}^n\bar{W}}{\partial \tau^2} = -{}^n\bar{p}, \quad (3)$$

где ${}^n\bar{W} = \frac{{}^nW}{L}$; $\tau = \frac{t}{L^2} \sqrt{\frac{EJ_z}{\rho A}}$; ${}^n\bar{p} = \frac{pL^3}{EJ_z}$; nW – прогибы правой части стержня.

Выполняя аналогичные преобразования, получаем функцию прогибов:

$${}^n\bar{W}_0 = {}^nW_0'' K_2(\xi) + {}^nW_0''' K_1(\xi). \quad (4)$$

Решения неоднородных уравнений, представленные разложениями по формам собственных колебаний с коэффициентами в виде функций времени имеют вид:

$${}^a\bar{W}(\xi, \tau) = \sum_{n=1}^{\infty} \left\{ C_{1n} \cos(\omega_n \tau) + \frac{2R_n}{\omega_n^2} \sin^2\left(\frac{\omega_n \tau}{2}\right) \right\} [K_{2n}(\xi) + \chi_{1n} K_{1n}(\xi)]; \quad (5)$$

$${}^n\bar{W}(\xi, \tau) = \sum_{n=1}^{\infty} \left\{ D_{1n} \cos(\omega_n \tau) + \frac{2R_n}{\omega_n^2} \sin^2\left(\frac{\omega_n \tau}{2}\right) \right\} [-\chi_{2m} K_{2n}(\xi) - \chi_{3n} K_{1n}(\xi)], \quad (6)$$

$$\text{где } {}^aR_n = \frac{\int_0^\beta {}^a\bar{p} {}^a\bar{W}_{0n}(\xi) d\xi}{\int_0^\beta {}^a\bar{W}_{0n}^2(\xi) d\xi}; \quad {}^nR_n = \frac{\int_{1-\beta}^1 {}^n\bar{p} {}^n\bar{W}_{0n}(\xi) d\xi}{\int_0^1 {}^n\bar{W}_{0n}^2(\xi) d\xi}; \quad C_{1n} = \frac{\int_0^\beta \bar{W}_{cmam}(\xi) {}^a\bar{W}_{0n}(\xi) d\xi}{\int_0^\beta {}^a\bar{W}_{0n}^2(\xi) d\xi}; \quad D_{1n} = \frac{\int_{1-\beta}^1 \bar{W}_{cmam}(\xi) {}^n\bar{W}_{0n}(\xi) d\xi}{\int_0^1 {}^n\bar{W}_{0n}^2(\xi) d\xi}.$$

Коэффициенты χ_{1n} , χ_{2n} , χ_{3n} определяются по формулам Крамера из системы уравнений:

$$\begin{cases} \chi_{1n} K_1(\beta) + \chi_{2n} K_2(1-\beta) + \chi_{3n} K_1(1-\beta) = -K_2(\beta); \\ \chi_{1n} K_2(\beta) - \chi_{2n} K_3(1-\beta) - \chi_{3n} K_2(1-\beta) = -K_3(\beta); \\ \chi_{1n} (1-\alpha)^3 K_3(\beta) + \chi_{2n} K_4(1-\beta) + \chi_{3n} K_3(1-\beta) = -(1-\alpha)^3 K_4(\beta). \end{cases}$$

Напряжения в безразмерном виде:

$${}^a\bar{\sigma}(\xi, \tau) = (1-\alpha) \sum_{n=1}^{\infty} \left\{ C_{1n} \cos(\omega_n \tau) + \frac{2R_n}{\omega_n^2} \sin^2\left(\frac{\omega_n \tau}{2}\right) \right\} [K_{4n}(\xi) + \chi_{1n} K_{3n}(\xi)]; \quad (7)$$

$${}^n\bar{\sigma}(\xi, \tau) = \sum_{n=1}^{\infty} \left\{ D_{1n} \cos(\omega_n \tau) + \frac{2R_n}{\omega_n^2} \sin^2\left(\frac{\omega_n \tau}{2}\right) \right\} [-\chi_{2m} K_{4n}(\xi) - \chi_{3n} K_{3n}(\xi)]. \quad (8)$$

На рисунке 2 показана зависимость максимальных динамических прогибов левой части стержня в месте сопряжения с правой частью от длины β и толщины α отделившегося слоя.

На рисунке 3 показана зависимость напряжения в левой заделке от длины β и толщины α отделившегося слоя.

Таким образом, на примере заземленного по обоим концам стержня наглядно продемонстрировано значительное превышение напряжений в статически нагруженной конструкции при внезапном изменении ее геометрических параметров – площади и осевого момента инерции прямоугольного поперечного сечения возле левой опоры за счет уменьшения его

длины β и высоты α в результате отсоединения слоя определенной длины и толщины. Данный подход может быть применен при анализе чувствительности проектируемых конструкций и их элементов к внезапным структурным перестройкам под нагрузкой.

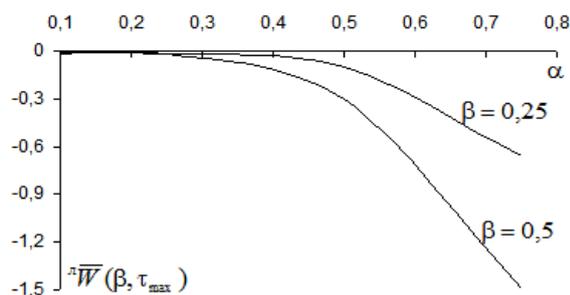


Рисунок 2

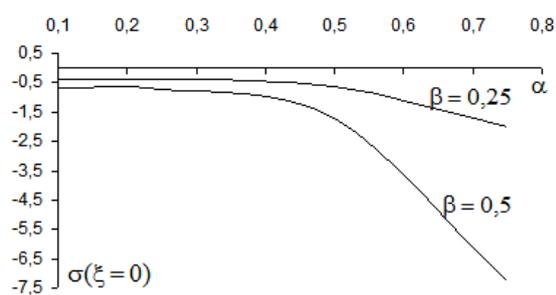


Рисунок 3

Кроме того, следует отметить, что:

- максимальные динамические прогибы левой части стержня в месте сопряжения с правой частью возрастают с увеличением длины и толщины отделившегося слоя (см. рисунок 2);
- максимальные напряжения в левой заделке возрастают с увеличением длины и толщины отделившегося слоя (см. рисунок 3);
- коэффициент $K_{дин}$, характеризующий превышение максимальных напряжений в левой заделке в процессе колебаний при отделении слоя длиной β и толщиной α над максимальными напряжениями в исходной статически нагруженной балке, возрастает с увеличением степени повреждения (длины и толщины слоя) от 4 до 24 при четверти длины отделившегося слоя сечения, от 8 до 86 – при половине длины отделившегося слоя сечения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гордон, В.А. Напряженно-деформированное состояние нагруженной балки при внезапном уменьшении площади поперечного сечения [Текст] / В.А. Гордон, В.И. Брусова, А.А. Волчков // Известия ОрелГТУ. Серия «Строительство. Транспорт». – Орел: ОрелГТУ. – 2006. – №3-4. – С. 20-27.

Брусова В.И.

Орловский государственный технический университет, г. Орел
Аспирант кафедры «Высшая математика»
Тел.: +7 (4862) 41-98-48

Гордон В.А.

Орловский государственный технический университет, г. Орел
Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Высшая математика»
E-mail: Gordon@ostu.ru

ДЕЛОВА М.И.

ОЦЕНКА НАПРЯЖЕНИЙ И ПРЕДЕЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ПРОЧНОСТИ КЛЕЕНЫХ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Существующие методы расчета на прочность не отвечают действительному напряженно-деформированному состоянию конструкций из клееной древесины и условиям наступления предельных состояний. При расчете по второй группе предельных состояний отношение модуля упругости E_x к модулю сдвига G_{xy} принимается постоянным, не зависящим от класса прочности древесины, а также без учета изменения их отношения во времени и от уровня действующих напряжений.

На данных допущениях основана методика расчета КДК по предельным состояниям, которая неточно отражает деформационные процессы, происходящие в конструкциях во время их эксплуатации.

Ключевые слова: расчет на прочность, деревянные конструкции, предельное состояние, напряжения.

Existing methods of strength calculation do not correspond to the stress-deformed state of structures made from glued wood and to conditions for utmost state coming. While calculating the second group of utmost states, the ratio of modulus of elasticity E_x to modulus of shift G_{xy} is considered to be constant, not depending on the type of wood strength and also without taking into account change of their ratio at the time and the level of present stress.

Methods for GWS calculation according to utmost states are based on the given assumptions; but these methods reflect deformation processes in structures during their exploitation inexactly.

Keywords: calculation on durability, wooden designs, a limiting condition, pressure.

Расчет изгибаемых элементов из клееной древесины по первой группе предельных состояний связан с назначением размеров поперечного сечения, которые должны удовлетворять условиям прочности по нормальным и касательным напряжениям и устойчивости плоской формы деформирования [1] от расчетных нагрузок [2].

В существующих нормах проектирования деревянных конструкций [1] при оценке прочности при изгибе исходят из гипотезы плоских сечений, а предельным условием прочности считается достижение в сжатой зоне напряжений, сопоставимых с расчетной величиной прочности древесины на сжатие [3, 4, 5], полученной на стандартных образцах при одноосном напряженном состоянии [6].

В существующей модели предельного состояния древесины при изгибе призматического бруса [4, 5] исходят из того, что с увеличением изгибающего момента будут расти как сжимающие, так и растягивающие напряжения волокон. Когда сжатые волокна достигнут напряжения, равного временному сопротивлению древесины при сжатии, эти волокна перейдут в пластическое состояние, и продолжающаяся их деформация будет происходить уже при постоянном напряжении σ_c .

С увеличением изгибающего момента пластическая деформация волокон будет распространяться вглубь образца, т.е. высота пластического ядра в сжатой части сечения будет все время расти [4, 5]. При этом происходит рост напряжений в растянутой зоне образца. Разрушение произойдет тогда, когда напряжения в растянутой зоне достигнут временного сопротивления древесины на растяжение $\sigma_p = R_p$.

Формульное выражение для момента при разрушении образца при изгибе выглядит следующим образом [4]:

$$M = \zeta \mu \sigma_c W, \quad (1)$$

где ζ – коэффициент поддерживающего действия при поперечном изгибе; μ – коэффициент, зависящий от отношения $\eta = \sigma_c / \sigma_p$ (для прямоугольного сечения изгибаемого элемента μ выражается формулой вида: $\mu = (3\eta - 1) / (\eta - 1)$); σ_c – временное сопротивление древесины сжатию, МПа; W – момент сопротивления сечения, м³.

Таким образом, как следует из работ [4, 5], несущая способность элемента характеризуется только соотношением временных сопротивлений древесины на растяжение R_p и сжатие R_c .

При исследовании характера распределения напряжений по высоте сечения были проведены кратковременные экспериментальные исследования балок двух серий: балки серии КДБ1-К_i имели геометрические размеры поперечного сечения: $h=160\pm 2$ мм, $b=30\pm 1$ мм и расчетный пролет $l_p=1200$ мм. Серия КДБ1-К_i представлена 6 балками; балки серии КДБ2-К_i имели геометрические размеры поперечного сечения: $h=75\pm 1$ мм, $b=30\pm 1$ мм и расчетный пролет $l_p=1200$ мм. Серия КДБ2-К_i представлена 3 балками.

При проведении испытания использовался ступенчатый режим нагружения шарнирно-опертых балок с передачей сосредоточенных сил на расстоянии $x=0,354l_p$ от опоры. Первая ступень нагружения составляла 20% от ожидаемой разрушающей нагрузки, определяемой по теоретическому разрушаемому моменту.

Как показывают проведенные автором экспериментальные исследования, характер распределения деформаций по высоте сечения в зоне действия максимального изгибающего момента нелинеен. Эта нелинейность проявляется при напряжениях, не превышающих временных сопротивлений древесины при сжатии. При этом каждый слой древесины по высоте сечения деформируется линейно вплоть до разрушения балок (рисунок 1). Такое положение отмечено в балках с различным соотношением l_p/h (где h – высота сечения элемента, м; l_p – расчетный пролет элемента, м). Это указывает на то, что в сжатой зоне не возникает пластического ядра.

Как показывают теоретические исследования [7], для материалов с малой сдвиговой жесткостью, к которой относится и древесина, на характер распределения нормальных напряжений влияют следующие параметры:

- геометрические – соотношение h/l_p ;
- реологические – соотношение E_u/G_{xy} (где E_x – модуль упругости материала при изгибе, МПа; G_{xy} – модуль сдвига, МПа).

Максимальные нормальные напряжения с учетом неравномерности их распределения по высоте сечения можно определить по формулам:

$$\text{– в сжатой зоне: } \sigma_c = (M/W) \cdot (1-m); \quad (2)$$

$$\text{– в растянутой зоне: } \sigma_p = (M/W) \cdot (1+m), \quad (3)$$

где m – коэффициент неравномерности распределения нормальных напряжений по высоте элемента.

Проведенные автором исследования показали, что теоретическая величина коэффициента m_T связана с параметром анизотропии соотношением:

$$m_T = \beta^2 / 5. \quad (4)$$

Величину коэффициента m можно установить расчетным путем, используя параметр анизотропии $\beta = (\pi h / 2l_p) \cdot \sqrt{E_x / G_{xy}}$, и сопоставить его с экспериментальными результатами.

Экспериментальная величина коэффициента m_s определялась по следующим формулам:

$$m_s = (\varepsilon_p - \bar{\varepsilon}) / \bar{\varepsilon} \text{ или } m_s = (\bar{\varepsilon} - \varepsilon_c) / \bar{\varepsilon}, \quad (5)$$

где ε_p – деформации в крайнем волокне растянутой зоны; ε_c – деформации в крайнем волокне сжатой зоны; $\bar{\varepsilon} = (|\varepsilon_p| + |\varepsilon_c|) / 2$ – средняя величина деформаций.

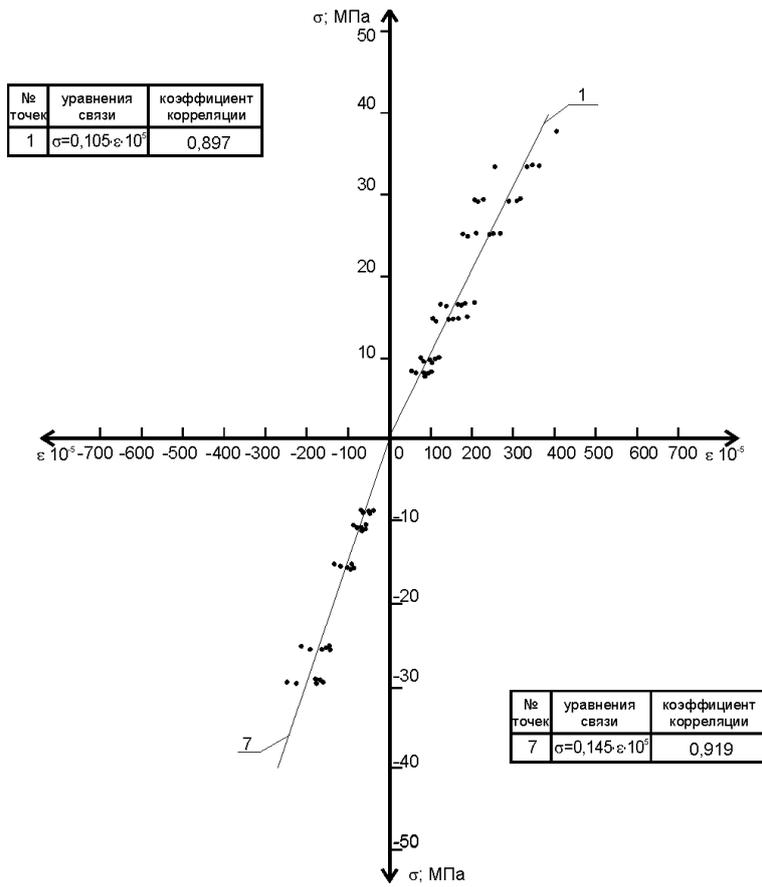
Следует отметить, что деформация $\bar{\varepsilon}$ соответствует по величине деформации, определяемой по формуле для изгибаемых элементов:

$$\bar{\varepsilon} = (M/W) / E_u. \quad (6)$$

Результаты экспериментальных и теоретических расчетов для балок с различными соотношениями l_p/h и E_u/G_{xy} представлены в таблице 1. Для клееной древесины наиболее приемлемым является соотношение $E_u/G_{xy} = 20$ [1]. Поэтому экспериментальная величина m хорошо согласуется с теоретической при соотношении $E_u/G_{xy} = 20$. Расхождение составляет не более 5%.

Для клееных деревянных элементов разрушение при изгибе в зависимости от соотношения l_p/h и схемы приложения нагрузок может происходить в результате разрыва волокон в растянутой зоне от нормальных напряжений или от сдвига вблизи нейтрального слоя в результате комбинации нормальных и касательных напряжений.

1)



2)

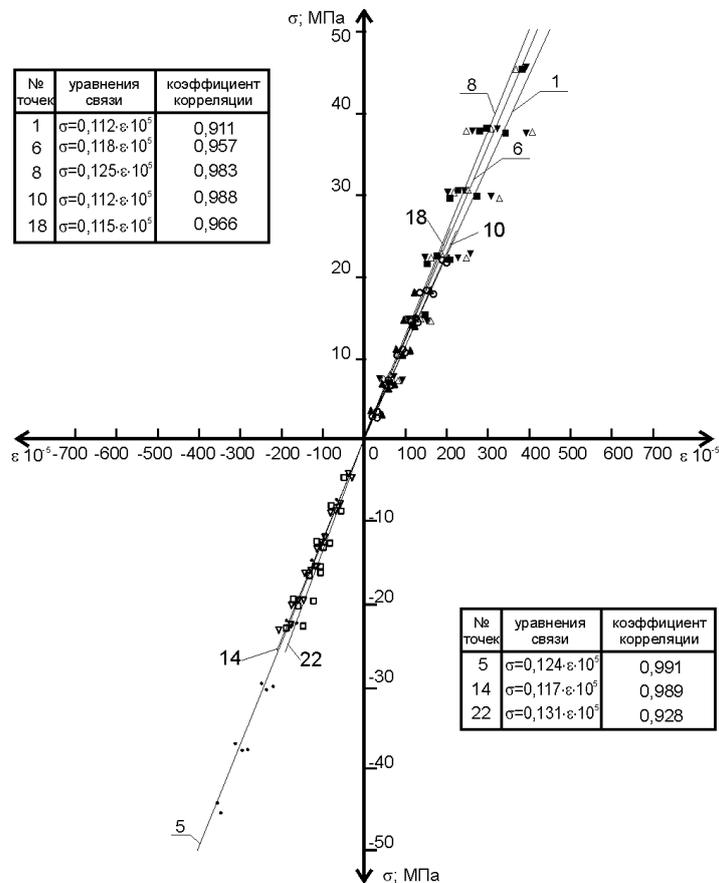


Рисунок 1 – Характер деформирования отдельных слоев балок по высоте сечения: 1 – $c l_p/h = 7,5$; 2 – $c l_p/h = 16$ (№ 1; 5; 6; 7; 8; 10; 14; 18; 22 – точки расположения тензорезисторов)

Таблица 1 – Экспериментальные и теоретические величины коэффициента m

Отношение l_p/h	Отношение E_x/G_{xy}	Параметр анизотропии β	Величина коэффициента неравномерности m	
			теоретическая величина	экспериментальная величина
7,5	16	0,837	0,140	0,172
	20	0,936	0,175	
	24	1,026	0,210	
16	16	0,393	0,031	0,037
	20	0,439	0,038	
	24	0,481	0,046	

Тогда предельное условие прочности при разрушении от нормальных напряжений имеет вид:

$$\sigma_p = (M/W) \cdot (1 + m) \leq R_u, \quad (7)$$

где R_u – расчетное сопротивление древесины изгибу, определяемое по результатам испытаний крупноразмерных образцов, МПа.

Прочность клееной древесины снижается во времени, а деформативность увеличивается. Поэтому коэффициент m в формуле необходимо принимать с учетом снижения модуля упругости E_u и модуля сдвига G_{xy} от длительно действующих нагрузок.

ЛИТЕРАТУРА

1. СНиП II-25-80. Деревянные конструкции. Нормы проектирования [Текст]. – М.: Стройиздат, 1982. – 66 с.
2. СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия [Текст] / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 36 с.
3. Коченов, В.П. Расчет деревянных конструкций по расчетным предельным состояниям [Текст] / В.П. Коченов. – М.: ГИЛСА, 1955. – 48 с.
4. Белянкин, Ф.П. Современные методы расчета прочности элементов деревянных конструкций [Текст] / Ф.П. Белянкин. – Киев: АН УССР, 1951. – 19 с.
5. Квасников, Е.Н. К вопросу о долговечности и надежности элементов деревянных конструкций [Текст] / Е.Н. Квасников // Повышение надежности и долговечности строительных конструкций: Междунар. тем. науч.-техн. сб. – Л.: ЛИСИ. – 1972. – № 2. – С. 25-47.
6. Сухарев, И.П. Экспериментальные методы исследования деформаций и прочности [Текст] / И.П. Сухарев. – М.: Машиностроение, 1987. – С. 216.
7. Родионова, В.А. Прикладная теория анизотропных пластин и оболочек [Текст] / В.А. Родионова, Б.Ф. Титаев, К.Ф. Черных. – С.-Петербург: СПб у-т., 1996. – 280 с.

Делова М.И.

Курский государственный технический университет, г. Курск

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Промышленное и гражданское строительство»

Тел.: +7 (4712) 50-48-16

E-mail: kurskgtu.pgs@inbox.ru

КЛЮЕВА Н.В., БУХТИЯРОВА А.С., АНДРОСОВА Н.Б.

К АНАЛИЗУ ИССЛЕДОВАНИЙ ЖИВУЧЕСТИ КОНСТРУКТИВНЫХ СИСТЕМ ПРИ ЗАПРОЕКТНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ¹

Приведен анализ состояния исследований по проблеме обеспечения конструктивной безопасности и живучести строительных систем. Анализируются подходы к решению задач по предотвращению их прогрессирующего (лавинообразного) обрушения.

Ключевые слова: конструктивная безопасность, живучесть, железобетонные конструктивные системы, запроектные воздействия, системы с односторонними связями.

The analysis of the condition of researches on the problem of maintenance of constructive safety and survivability of building systems is resulted. Approaches to the decision of problems on prevention of their progressing (avalanche) collapse are being analyzed.

Keywords: constructive safety, survivability, concrete constructive systems, undesigned influences, systems with unilateral communications.

Проблеме безопасности эксплуатируемых зданий и сооружений уделяется все большее внимание в исследованиях строительных конструкций последних лет. Помимо других причин это связано с ростом экологоагрессивных воздействий и вероятности возникновения запроектных воздействий техногенного характера, а также со значительным износом основных фондов страны. Многие из эксплуатируемых объектов в этих условиях не могут воспринять возможных запроектных воздействий без возникновения при этом непропорциональных этим воздействиям отказов. Более того, исследованиями, выполненными в последние годы [6, 13, 18, 22, 25], показано, что вероятность появления грубых ошибок при проектировании зависит от выбора принципиальной схемы конструкции, ее материала, условий эксплуатации и многих других факторов. Следовательно, решение проблем повышения безопасности конструктивных систем лежит в плоскости выполнения процедур инженерного анализа самих конструкций и для каждой принципиальной схемы можно найти критерий ее подверженности отказу, учитываемый в процессе принятия решений. Немаловажной особенностью отечественной практики проектирования и строительства зданий и сооружений последних лет является то, что в условиях рынка понятие «проект здания» нередко теряет обязательность. Проектная документация выполняется часто поэтапно и не в полном объеме, а иногда и вовсе ограничивается демонстрационными материалами архитектурного характера. Разделы конструкций практически не имеют вариантных расчетных обоснований. В лучшем случае проводится формальный расчет по одному-двум сертифицированным программным комплексам без соответствующего сопоставительного анализа по различным расчетным схемам [19].

Анализ мировой практики строительства и эксплуатации зданий и сооружений также свидетельствует о все усложняющихся видах и интенсивности природных и техногенных воздействий, которые при проектировании и усилении зданий и сооружений создают проблемы, выходящие за рамки требований российских и зарубежных норм, традиционно обеспечиваемых конструктивную безопасность в условиях ранее существовавших нагрузок и воздействий. Возникает необходимость в новой концепции создания и эксплуатации зданий и сооружений. К одной из таких проблем обозначенной концепции можно отнести проблему лавинообразного или прогрессирующего обрушения [13].

Анализ имеющихся в научно-технической литературе материалов по рассматриваемой проблеме позволяет сделать вывод о том, что сегодня она не может быть решена универсаль-

¹ Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ, проект № 09-08-13600

ными методами. Например, рекомендации, выпущенные для зданий массового строительства в Москве [21, 23], содержат конкретные конструктивные требования по предотвращению прогрессирующего обрушения, но их область применения ограничивается жилыми многоэтажными каркасными зданиями. Это является подтверждением тому, что в настоящее время в условиях отсутствия глубоких научных обоснований и опыта проектирования зданий и сооружений с учетом возможных внезапных запроектных воздействий техногенного характера решение этой сложной проблемы будет носить фрагментарный характер с последующими обобщениями по мере накопления опыта исследований конкретных типов зданий и сооружений.

Анализ деформирования и разрушения железобетонных конструкций на различных уровнях нагружения, включая и предельные состояния, в настоящее время выполняется, как правило, в соответствии с действующими нормами [35, 36]. Процедура расчета сводится обычно к анализу состояния конструкций с позиций требований предельных состояний. Такой расчет не позволяет прогнозировать поведение конструкций при запроектных воздействиях техногенного и природного характера. Невозможен анализ запредельных состояний в конструкциях, в то время как оценка степени повреждения и остаточного ресурса отдельных элементов конструкций или их групп после таких воздействий при решении задач обозначенной проблемы является необходимым. При расчете деформирования и разрушения конструкций в запредельных состояниях помимо сложностей, связанных с одномоментным (мгновенным) характером запроектных воздействий и изменением свойств материалов при таких воздействиях, определенные сложности возникают в связи с необходимостью учета двойной, а иногда и тройной нелинейности деформирования конструкций в запредельных состояниях.

Основные исследования в этом направлении относятся к анализу напряженно-деформированного состояния конструктивных систем в стадиях работы, близких к предельным. Стадии деформирования в запредельных состояниях второй группы и в запредельных состояниях первой группы при одновременно протекающих процессах силового и средового сопротивления и внезапных динамических догружениях исследованы недостаточно. В то же время общим признаком силового сопротивления конструкций в стадиях работы до предельных состояний является сохранение геометрической неизменяемости при одномоментном и последовательном выключении связей, сечений элементов, изменении граничных условий, а частными признаками – способность к приспособляемости и перераспределению усилий, удовлетворяющих нормативным требованиям по несущей способности, долговечности, эксплуатационной пригодности отдельных элементов конструкций или их групп.

В ряде исследований этого направления, например, в работах В.И. Римшина [33], Р.С. Санжаровского [34], В.Г. Назаренко [24], С.И. Меркулова [22] уделяется внимание проблеме учета силового режимного нагружения, накопления коррозионных повреждений, эволюции граничных условий и расчетных схем сооружений с учетом износа, а также возрастных режимных, необратимых, анизотропных и наследственных факторов.

В то же время и в этих работах реализация общего и частичного признаков силового сопротивления конструкций рассматривается в рамках выполнения требований метода предельных состояний, и не анализируется поведение конструкций после одномоментного выключения связей или сечений элементов, если это приводит к частичному или прогрессирующему разрушению всей конструктивной системы, справедливо полагая, что при наступлении запредельных состояний конструкции не может идти речь о ее дальнейшей эксплуатации. Однако совершенно очевидно, что если речь идет об оценке безопасности строительных систем в целом, то для пользователя зданиями и сооружениями совершенно не все равно, какой будет характер разрушения их основных несущих конструкций при возможных запроектных воздействиях – локальный или прогрессирующий (лавинообразный). Кроме того, представляет интерес и состояние отдельных элементов конструкций или их групп после запроектных воздействий с позиций возможности и целесообразности их восстановления или усиления.

К теоретическим работам этого направления, носящим постановочный характер, прежде всего можно отнести исследования проф. Г.А. Гениева, В.М. Бондаренко, В.И. Травуша, Н.И. Карпенко, В.И. Колчунова [7-11, 2-6, 37, 18, 19]. Ими, по-видимому, одними из первых

сформулированы постановки задач о прогрессирующих (лавинообразных) разрушениях стержневых конструктивных систем вследствие внезапных структурных изменений в элементах конструкций и выключения из работы отдельных элементов, узлов. Показано, что при разрушении конструктивных систем опасным становится не только мгновенное выключение из работы какого-то элемента (узла, сечения), но и влияние возникающего при этом динамического эффекта такого выключения на другие, оставшиеся неразрушенными элементы. Так, в работе [7] проведен теоретический анализ и конкретные расчетные зависимости для оценки динамических эффектов в стержневых системах из хрупких материалов типа железобетон. На примере изгибаемого железобетонного стержня установлено, что при мгновенном образовании в бетоне стержня трещины от внешней нагрузки в нем происходит перераспределение усилий, и напряжения в растянутой арматуре мгновенно увеличиваются. Причем это увеличение значительно больше того усилия, которое возникло бы в арматуре при перераспределении общего усилия в рассматриваемом железобетонном стержне от выключения из работы бетона, если бы это перераспределение происходило медленно.

В подтверждение этой идеи в работе [9] на основе энергетического подхода дана количественная оценка приращения динамических напряжений в элементах стержневых систем из физических нелинейных хрупких материалов. Связанная с этой оценкой задача определения динамических пределов прочности бетонов рассмотрена Г.А. Гениевым, К.П. Пятикрестовским в работах [8, 10].

Подчеркивая важность решения таких задач, В.М. Бондаренко в работах [2, 5] обозначил это направление как важнейшее новое направление в исследованиях по строительной механике и теории сооружений. Им и другими исследователями [14, 15, 16, 18, 20, 22] обращено также внимание на необходимость пересмотра коэффициентов запаса для материалов и конструктивных систем, связанное с мгновенным характером запроектных воздействий.

Решение задач конструктивной безопасности и живучести железобетонных сооружений связано с необходимостью рассмотрения физически и конструктивно нелинейных систем, в т.ч. с приобретенными в процессе разрушений односторонними связями.

Началом общей постановки вопроса о расчете строительных конструкций с односторонними связями, по-видимому, можно считать работы М. Геллера и Грюнинга [38, 39]. Объектом исследований служили только статически неопределимые системы, у которых все лишние связи или некоторые из них – односторонние. М. Геллер впервые ввел важное понятие о работающей «частичной» системе, которая образуется из «полной» системы выключением некоторых односторонних связей. Основную трудность расчета он усматривал в том, чтобы отыскать среди возможных частичных систем действительную, рабочую систему, отвечающую заданной нагрузке.

Однако основная проблема – разработка метода, практически позволяющего находить рабочую систему, осталась нерешенной. Указания М. Геллера сводятся к тому, что сначала нужно определить усилия в частичной системе, образованной удалением всех односторонних лишних связей, после чего обследовать системы, образованные добавлением того или иного количества этих связей. Для практического преодоления этих трудностей необходим был теоретически обоснованный алгоритм, который в работе М. Геллера отсутствовал.

В более узком аспекте представлена теория расчета систем с односторонними связями в монографии М.С. Бернштейна [1]. В ней рассматриваются упругие свойства материала систем. Автором поставлена задача показать несущую способность статически неопределимых систем, содержащих односторонние связи. Основная цель работы – выяснить методом предельного равновесия те условия, при которых система становится изменяемой. В книге М.С. Бернштейна, по-видимому, впервые рассмотрено предельное состояние статически неопределимых систем за пределом упругости с учетом односторонних связей.

При всей важности задач об отыскании рабочей системы общая теория систем с односторонними связями не может ограничиться решением только этой задачи (рисунок 1, а). Необходимо изучить характерные особенности систем с односторонними связями: вопросы геометрической изменяемости, особенности деформирования и разрушения различных мате-

риалов, неизменяемости, степеней свободы, трансформации статических и кинематических методов и общих теорем о линейно-деформируемых системах.

В работах И.М. Рабиновича [31, 32] установлено, что кинематическую цепь с n степенями свободы всегда можно превратить в геометрически неизменяемую систему с помощью соответствующей установки $n+1$ односторонних связей.

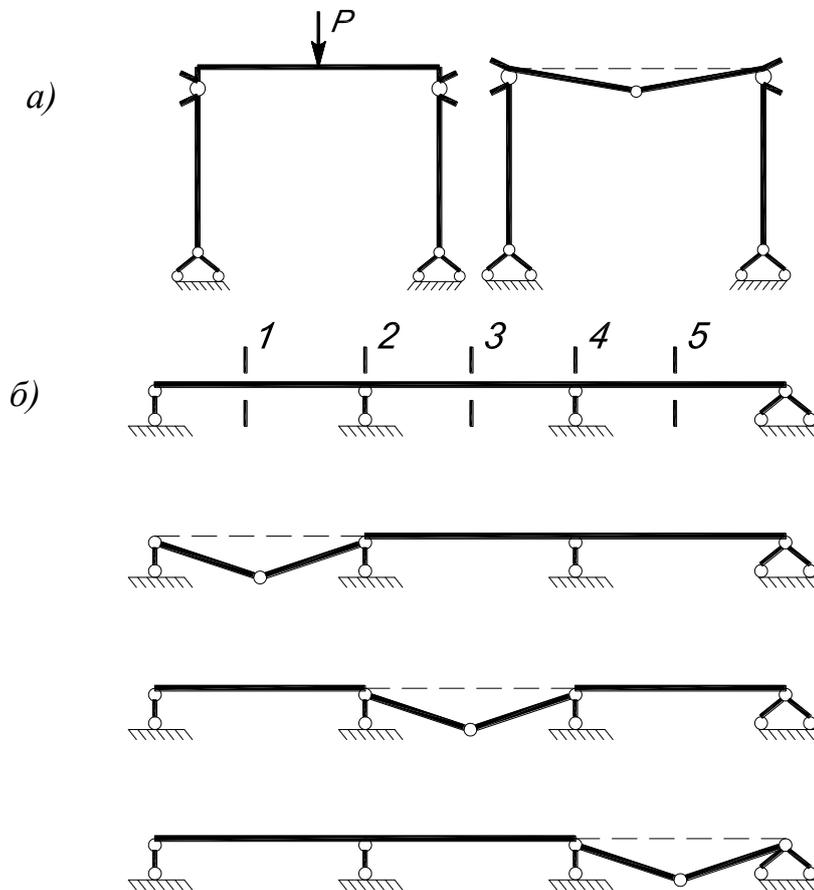


Рисунок 1 – Схемы рамной (а), балочной (б) трехпролетной систем и механизмы их разрушения

Новый этап в развитии теории расчета статически неопределимых систем, в состав которых входят односторонние связи, начался с периода, когда стали использовать методы математического программирования. Представители этого направления – А.В. Перельмутер и Н.В. Гордеев [27, 28, 12]. Основанием для сведения задачи к математическому квадратичному программированию при расчете по методу сил служит то, что система канонических уравнений выражает условие экстремума потенциальной энергии как квадратичной функции лишних неизвестных, а неравенства, относящиеся к знакам усилий и перемещений, налагают на минимизируемую функцию ряд ограничений. Эквивалентная задача квадратичного математического программирования возникает при расчете по методу перемещений или смешанному методу. В работах А.В. Перельмутера [27, 28] исследованы также условия, при которых возможна геометрическая изменяемость, неизменяемость, мгновенная изменяемость, мгновенная жесткость и т.д. систем, содержащих односторонние связи.

Можно предположить, что при исследовании запредельных состояний железобетонных конструкций также возможно использование тех моделей сопротивления и, особенно, деформационных, что и при предельных состояниях. Во-первых, кривые состояний материалов и сечений при статическом нагружении и при импульсном воздействии аффиноподобны. Во-вторых, в запредельных состояниях второй и первой групп механика деформирования железобетонных конструкций качественно совпадает с механикой их деформирования при

кратковременном статическом нагружении. Подтверждением этому служит и то, что при решении подобных задач, связанных с ударными и динамическими воздействиями [17], используются принципиально те же физические модели сопротивления железобетонных конструкций, что и при статических нагрузках. Наконец, из всего диапазона импульсных воздействий с точки зрения максимальных динамических догрузений конструктивной системы наибольший интерес представляет только первый полупериод таких воздействий.

Необходимо также заметить, что учет геометрической нелинейности статически неопределимых систем в предельных состояниях может изменить оценку поведения системы на порядок, если только схема конструкции и место локального повреждения таковы, что могут воспринять усилия, возникшие в результате разрушения. По сравнению с учетом физической нелинейности здесь вскрываются значительно большие резервы.

Это создает возможность не только единой методологической основы для деформационного расчета конструктивных систем из железобетона при проектных и запроектных воздействиях, но и проведение такого расчета без привлечения аппарата динамики сооружений.

Таким образом, в современной научной литературе четко обозначена современная проблема обеспечения конструктивной безопасности и живучести как одного из важнейших направлений общей безопасности строительных систем. Выполненные исследования по этому направлению из постановочного и фрагментарного характера постепенно переходят в конкретные научно обоснованные предложения. В них показано, что наряду с принципиально новыми нетрадиционными подходами, разработка которых еще предстоит, метод предельных состояний может явиться необходимой базой для начала таких исследований и обеспечит необходимую преемственность и методическое единство с существующей сегодня нормативной базой. Проблему живучести, по-видимому, не следует выносить за пределы метода предельных состояний, и может быть ввести новое (для железобетона) третье предельное состояние.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бернштейн, М.С. Расчет конструкций с односторонними связями [Текст] / М.С. Бернштейн. – М.: Стройиздат, 1947. – 92 с.
2. Бондаренко, В.М. Еще раз о конструктивной безопасности и живучести зданий [Текст] / В.М. Бондаренко, В.И. Колчунов, Н.В. Ключева // РААСН. Юбилейный выпуск в 15-летию РААСН. Вестник отделения строительных наук. – 2007. – №11. – С. 81-86.
3. Бондаренко, В.М. Конструктивная безопасность каркасов жилых зданий [Текст] / В.М. Бондаренко, В.И. Колчунов, Е.Д. Воробьев, Е.В. Осовских, В.Н. Доценко // БСТ. – 2004. – №1. – С. 8-11.
4. Бондаренко, В.М. К расчету сооружений, меняющих расчетную схему вследствие коррозионных повреждений [Текст] / В.М. Бондаренко, Н.В. Ключева // Известия вузов. Строительство. – 2008. – №1. – С. 4-12.
5. Бондаренко, В.М. Элементы теории реконструкции железобетона / В.М. Бондаренко, А.В. Боровских, С.В. Марков, В.И. Римшин; под общ. ред. В.М. Бондаренко. – Н. Новгород: Нижегород. гос. архит.-строит. ун-т, 2002. – 190 с.
6. Бондаренко, В.М. Расчетные модели силового сопротивления железобетона [Текст] / В.М. Бондаренко, В.И. Колчунов. – М.: АСВ, 2004. – 472 с.
7. Гениев, Г.А. Экспериментально-теоретические исследования неразрезных балок при аварийном выключении из работы отдельных элементов [Текст] / Г.А. Гениев, Н.В. Ключева // Известия ВУЗов. Строительство. – 2000. – №10. – С. 21-26.
8. Гениев, Г.А. Метод определения динамических пределов прочности бетона [Текст] / Г.А. Гениев // Бетон и железобетон. – 1998. – №1. – С. 18-19.
9. Гениев, Г.А. Расчет динамических воздействий в составных сталежелезобетонных пространственных покрытиях при их локальном разрушении [Текст] / Г.А. Гениев,

Н.В. Ключева, В.И. Колчунов // Ресурсо- и энергосбережение как мотивация творчества в архитектурно-строительном процессе. – М., Казань, 2003. – С. 459-461.

10. Гениев, Г.А. Вопросы длительной и динамической прочности анизотропных конструкционных материалов / Г.А. Гениев, К.П. Пятикрестовский // ГУП. ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. – М., 2000. – 38 с.

11. Гениев, Г.А. Прочность и деформативность железобетонных конструкций при за- проектных воздействиях [Текст] / Г.А. Гениев, В.И. Колчунов, Н.В. Ключева [и др.]. – М.: АСВ, 2004. – 216 с.

12. Гордеев, В.Н. Расчет упругих систем с односторонними связями, как задача квадратичного программирования [Текст] / В.Н. Гордеев, А.В. Перельмутер // Исследования по теории сооружений. Вып. XV. – М.: Стройиздат, 1967.

13. Еремеев, П.Г. Предотвращение лавинообразного (прогрессирующего обрушения несущих конструкций уникальных большепролетных сооружений при аварийных воздействиях [Текст] / П.Г. Еремеев // Строительная механика и расчет сооружений. – 2006. – №2. – С. 65-72.

14. Забегаев, А.В. Безопасность восстанавливаемых зданий с изменяемой конструктивной схемой несущих систем и физической нелинейностью материалов [Текст] / А.В. Забегаев, А.Г. Тамразян, В.А. Люблинский, Р.Г. Артюкан // Бетон и железобетон. – 1997. – №3. – С. 21-24.

15. Залесов, А.С. Современное состояние и дальнейшее развитие методов расчета и нормативной базы железобетонных конструкций [Текст] / А.С. Залесов, Т.М. Пецольд, В.В. Тур [и др.] // Генеральные доклады: Сб. докл. Междунар. конф. «Инженерные проблемы современного бетона и железобетона». – Минск, Беларусь.: БелНИИС, 1997. – С. 1-27.

16. Залесов, А.С. Вопросы реконструкции, восстановления и усиления железобетонных конструкций в нормативных документах [Текст] / А.С. Залесов, Е.А. Чистяков // Проблемы реконструкции зданий и сооружений: Сб. научн. трудов. – Казань: КИСИ, 1993. – С. 3-7.

17. Забегаев, А.В. Расчет железобетонных конструкций на аварийные ударные воздействия [Текст] / А.В. Забегаев. – М.: МГСУ, 1999.

18. Карпенко, Н.И. О Концептуально-методологических подходах к обеспечению конструктивной безопасности [Текст] / Н.И. Карпенко, В.И. Колчунов // Строительная механика и расчет сооружений. – 2007. – №1. – С. 4-8.

19. Колчунов, В.И. Основные направления конструктивных решений и обеспечение безопасности жилища [Текст] / В.И. Колчунов // Промышленное и гражданское строительство. – 2007. – №10. – С. 15-18.

20. Ларионов, Е.А. Длительное силовое сопротивление и безопасность сооружений [Текст]: Автореф. дис. ... докт. тех. наук / Е.А. Ларионов. – Москва, 2005. – 31 с.

21. МГСН 3.01-01. Жилые здания [Текст] – М., ГУП "НИАЦ", 2003.

22. Меркулов, С.И. Конструктивная безопасность железобетонных элементов реконструированных зданий и сооружений [Текст] / С.И. Меркулов. – Автореф. ... дис. докт. техн. наук: 05.23.01. – Орел, 2004. – 36 с.

23. Методика расчета монолитных жилых зданий на устойчивость против прогрессирующего разрушения [Текст]. – М.: МНИИТЭП, Правительство Москвы, Москомархитектура, 2004.

24. Назаренко, В.Г. Режимная прочность бетонов / В.Г. Назаренко, А. Иванов // Бетон и железобетон. – №2. – 2008.

25. Назаров, Ю.П. К проблеме обеспечения живучести строительных конструкций при аварийных воздействиях [Текст] / Ю.П. Назаров, А.С. Городецкий, В.Н. Симбиркин // Строительная механика и расчет сооружений. – 2009. – № 4. – С. 5-9.

26. Перельмутер, А.В. Использование метода квадратичного программирования для расчета систем с односторонними связями [Текст] / А.В. Перельмутер // Исследования по теории сооружений. Вып. XIX. – М.: Стройиздат, 1972.

27. Перельмутер, А.В. Статистические и кинематические свойства систем с односторонними связями [Текст] / А.В. Перельмутер // Строительная механика и расчет сооружений. – 1968. – №2.
28. Перельмутер, А.В. Избранные проблемы надежности и безопасности строительных конструкций [Текст] / А.В. Перельмутер. – М.: АСВ, 2007. – 256 с.
29. Пирадов, К.А. Ресурс прочности и долговечности эксплуатируемых зданий и сооружений [Текст] / К.А. Пирадов, Е.А. Гузев, О.А. Пирадова // Бетон и железобетон. – 1998. – №2. – С. 21-23.
30. Плевков, В.С. Прочность и трещиностойкость эксплуатируемых железобетонных конструкций зданий и сооружений при статическом и кратковременном динамическом нагружении // Дис. ... д-ра техн. наук: 05.23.01. – Томск, 2003. – 45 с.
31. Рабинович, И.М. К задаче расчета статически неопределимых систем с односторонними связями [Текст] / И.М. Рабинович // Исследования по теории сооружений. Вып. X. – М.: Стройиздат, 1961.
32. Рабинович, И.М. Энергетические свойства и особенности расчета статически неопределимых стрелевых систем с односторонними лишними связями [Текст] / И.М. Рабинович // Исследования по теории сооружений. Вып. XVII. – М.: Стройиздат, 1969.
33. Римшин, В.И. Повреждения и методы расчета усиления железобетонных конструкций [Текст] / В.И. Римшин. – Автореф. ... дис. докт. техн. наук. – Москва, 2002. – 35 с.
34. Санжаровский, Р.С. Усиления при реконструкции зданий и сооружений. Устройство и расчеты усиления зданий при реконструкции [Текст] / Р.С. Санжаровский, Д.О. Астафьев, В.М. Улицкий, Ф. Зибер. – СПб.: СГАСУ, 1998. – 637 с.
35. СНиП 52-01-2003. Бетонные и железобетонные конструкции [Текст]. – М.: ГУП НИИЖБ, 2004. – 26 с.
36. СП 52-101-03. Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры [Текст]. – М.: Госстрой России, 2003. – 84 с.
37. Травуш, В.И. Безопасность и устойчивость в приоритетных направлениях развития России [Текст] / В.И. Травуш // Academia. Архитектура и строительство. – 2006. – №2.
38. Geller J.M. Beitrag zur Theorie veranderlich gegliederten und gestutiten Systeme. Der Eisenbau, № 8, 9. Berlin. – 1922.
39. Gruning M. Statik des ebenen Tragwerkes. Berlin. – 1925.

Клюева Н.В.

Орловский государственный технический университет, г. Орел
Кандидат технических наук, доцент кафедры «Городское строительство и хозяйство»
Тел.: +7 (4862) 73-43-65
E-mail: gsh@ostu.ru

Бухтиярова А.С.

Орловский государственный технический университет, г. Орел
Аспирант, старший преподаватель кафедры «Городское строительство и хозяйство»
Тел.: +7 (4862) 73-43-65
E-mail: gsh@ostu.ru

Андросова Н.Б.

Орловский государственный технический университет, г. Орел
Ассистент кафедры «Строительные конструкции и материалы»
Тел.: +7 (4862) 76-03-72
E-mail: oantc@ostu.ru

УДК 504.056

КОЛЧУНОВ В.И., БАКАЕВА Н.В., СКОБЕЛЕВА Е.А.

К АНАЛИЗУ РИСКА ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ОБЪЕКТАХ ОБРАЗОВАНИЯ

Выполнен сопоставительный анализ возникновения чрезвычайных ситуаций на различных объектах, в том числе на объектах образования. Дана оценка риска обрушения зданий учреждений ВПО, исходя из частоты аварий на этих объектах за год. Установлены вероятность и риск возникновения пожаров на объектах образования. Полученные данные свидетельствуют о высоком риске возникновения чрезвычайных ситуаций на объектах образования.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, риск, обрушение, объект образования.

The comparative analysis of emergency at various establishments and also school premises is carried out. The estimate of destruction risk of school houses reasoning from damage frequency of these buildings per year is given. The likelihood and risks of fires in school houses are defined. The data obtained witnessed a high risk of emergency occurrences in school houses.

Keywords: extreme situation, risk, collapse, object of formation.

В настоящее время наряду с высоким уровнем защищенности различных объектов от угроз природного и техногенного характера специалистами констатируется увеличение не только количества чрезвычайных ситуаций, но и последствий этих ситуаций по тяжести (ущербу), времени действия и возможным проявлениям в будущем [1, 2, 3 и др.].

Чрезвычайные ситуации представляют собой случайные события, носят вероятностный характер, предсказать их точное возникновение невозможно. Для прогнозирования и моделирования ситуаций, связанных с чрезвычайными ситуациями, в настоящее время вводится понятие «риска» как вероятности возникновения того или иного события, так и величины предполагаемой опасности, например, риска возникновения пожара [4].

Безопасность объектов образования можно определить как возможность сохранения жизни и здоровья обучающихся, профессорско-преподавательского состава и работников, а также материальных ценностей образовательного учреждения от пожаров, аварий, взрывов и других ЧС с уровнем риска, не превышающим заданной величины, как для самих объектов образования, так и для окружающей среды, исходя из допустимой частоты событий и условий функционирования рассматриваемых объектов.

В настоящее время поиск оптимальных решений по обеспечению безопасности в различных сферах жизнедеятельности, в том числе и для объектов образования, базируется на основе общепризнанной мировым сообществом концепции приемлемого (допустимого) риска [1, 2, 4]. Вопросы о том, какой риск можно считать приемлемым и где проходит граница между приемлемым и неприемлемым рисками, являются на сегодняшний день дискуссионными. В настоящее время в качестве критериев риска предложены [1, 4] и используются их пороговые уровни, которые общество считает приемлемыми. Чаще всего это минимальный уровень безопасности, регламентируемый действующей нормативной базой и экономическими возможностями его достижения в условиях конкретной страны.

В рамках исследований по проекту «Разработка концепции обеспечения безопасности объектов системы высшего профессионального образования и целевой программы предупреждений и защиты от чрезвычайных и кризисных ситуаций» в 2006-2008 гг. был проведен мониторинг состояния системы обеспечения безопасности, по результатам которого были выявлены и изучены основные факторы риска, характерные для объектов системы ВПО, составлена их классификация и проведена систематизация перечня опасностей и угроз [5].

На основании данных, полученных по результатам инициативного мониторинга состояния системы обеспечения безопасности учреждений ВПО, а также на основании сведе-

ний литературных источников [1, 2, 3 и др.], отчетных данных различных министерств и ведомств представляется возможным провести в первом приближении сопоставительный анализ рисков для объектов различного назначения, в том числе и объектов образования в условиях возникновения чрезвычайных и кризисных ситуаций.

Статистические данные [2, 3, 5] свидетельствуют, что источником наиболее массовых несчастных случаев для всех объектов недвижимости, в том числе и зданий образовательного назначения, являются землетрясения (в России уровень индивидуального сейсмического риска находится в пределах от $1 \cdot 10^{-5}$ до $160 \cdot 10^{-5}$ 1/год и превышает значения рисков, принятых в других странах в качестве нормативов).

Доминирующими опасностями для зданий образовательных учреждений также являются пожары, допустимая вероятность их возникновения в течение одного года составляет 10^{-6} [6]. Высокая смертность и травматизм в результате пожаров отмечаются, в первую очередь, в детских дошкольных, школьных образовательных учреждениях, т.е. в зданиях с массовым пребыванием людей и психофизиологическими особенностями людей. Проанализировав и сопоставив частоты возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в различных областях жизнедеятельности человека, полученным по данным [7], представляется возможным спрогнозировать вероятность возникновения рисков ситуаций и на объектах образования (рисунок 1).

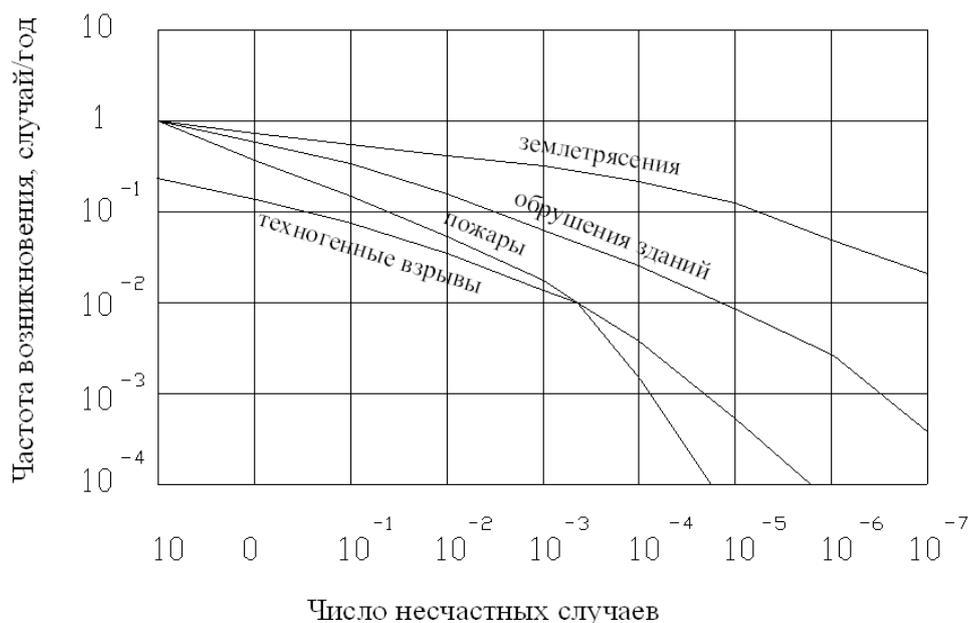


Рисунок 1 – Оценка количества возможных пострадавших и жертв ЧС на объектах образования

В работе [7] определена вероятность отказов для нескольких типов зданий и сооружений. Результаты исследований, полученные в ходе мониторинга системы обеспечения безопасности учреждений ВПО [5], позволили дополнить информацию, отражающую в настоящее время рисковую ситуацию для объектов образования (рисунок 2).

Несмотря на требования нормативной базы [8], регламентирующей учитывать степень ответственности зданий образовательного назначения как нормальную, отказы зданий объектов образования могут привести к тяжелым экономическим, социальным и экологическим последствиям, т.к. на самом деле риск возникновения ЧС выше, чем регламентированный [7].

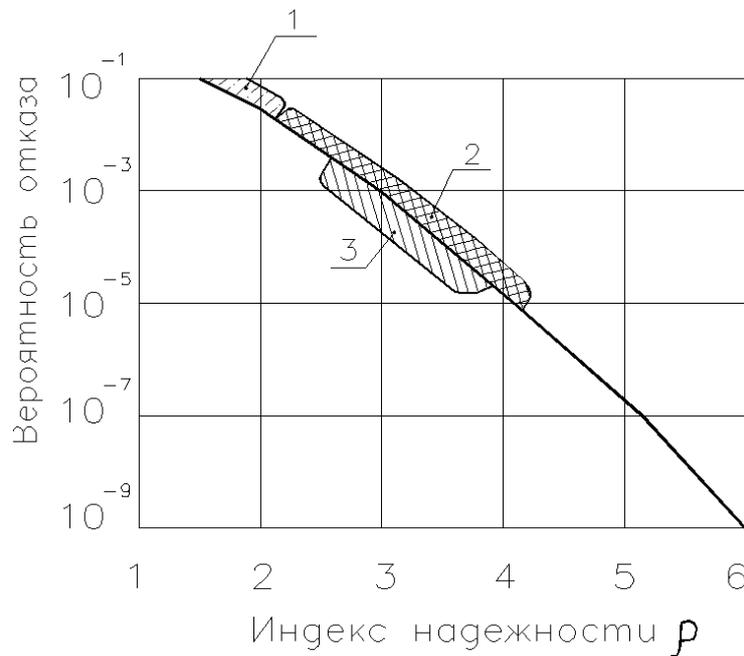


Рисунок 2 – Вероятности отказов различных объектов: 1 – сейсмостойкие здания; 2 – промышленные объекты; 3 – объекты образования

Предложенное в новых нормативных документах [3, 4] ранжирование допустимого риска для различных объектов, в том числе и для объектов образования, можно рассматривать как первый шаг к количественной оценке в рамках концепции допускаемых повреждений [9]. Так, если речь идет исключительно о риске материальных потерь, метод сравнения при оценке риска не вызывает сомнений, и в этом случае можно принимать управленческие решения, оценивая лишь экономический эффект [10].

Учитывая ряд неопределенностей, связанных с количественной оценкой риска, большинство отечественных и зарубежных исследователей [1, 2, 6, 7 и др.] склоняются к реализации принципа гибкого нормирования требований безопасности, основанного на вероятностном подходе к изучению природных явлений и техногенной среды с отрицательно воздействующими антропогенными факторами на среду обитания человека.

В качестве количественной меры риска в большинстве случаев может выступать вероятность наступления сравнительно редких событий или величина ущерба от их реализации за период времени, чаще всего за один год [11]:

$$R = \sum_{i=0}^1 P(N_i)w_i = Q(\Delta t)\bar{w}, \quad (1)$$

где $P(N_i)$ – вероятность наступления i -той чрезвычайной ситуации; w_i – ущерб от реализации i -той чрезвычайной ситуации; \bar{w} – средний ущерб при реализации чрезвычайной ситуации.

Независимыми переменными, по которым оценивается риск, является время t и ущерб w , а для оценки (прогноза) риска необходимо определять частоты реализаций опасных явлений.

Если принять, что для оценки вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций на объектах образования, как в целом и для других объектов недвижимости, может быть применена модель Пуассона [12], то вероятность появления N событий в течение временного интервала t в зависимости от среднего числа λ событий в единицу времени определится как:

$$P(N, t) = (\lambda t)^N \exp(-\lambda t) / N!; N = 0, 1, 2, \dots \lambda t > 0. \quad (2)$$

Риск возникновения чрезвычайных ситуаций для периода t будет определяться по формуле:

$$\tilde{R} = 1 - P(0, t) = 1 - \exp(-\lambda t). \quad (3)$$

При оценке риска возникновения чрезвычайных ситуаций особое внимание следует уделить определению количественного значения параметра λ . В теории надежности при непостоянном распределении параметра λ во времени выражение для интенсивности отказов называется плотностью отказов $\lambda(t)$. При определении λ используются статистические данные (число аварий на объектах за какой-либо интервал времени при неизменной плотности расположения объектов за данный интервал времени) или значения риска (приемлемого или нормативного). Во многих случаях λ служит самостоятельным оценочным показателем опасности возникновения чрезвычайной ситуации и вычисляется с помощью выражения:

$$\lambda = \frac{n}{(N \cdot \Delta\tau)} \cdot \left[\frac{\text{аварий}}{\text{объекто-год}} \right] \text{ или } \left[\frac{1}{\text{год}} \right], \quad (4)$$

где n – число объектов, на которых произошла авария за период $\Delta\tau$; N – число эксплуатируемых объектов за тот же период.

В качестве примера оценки риска возникновения ЧС для объектов образования рассмотрим две составляющие комплексной безопасности: конструктивную и пожарную, как наиболее значимые не только по частоте реализуемых аварий, но и степени тяжести последствий.

Оценка риска обрушения зданий и сооружений базируется на данных о техническом состоянии построенных и эксплуатируемых зданий и сооружений, обеспечиваемого при проектировании и эксплуатации с использованием существующих нормативных документов, включая нормы, предназначенные для проектирования и эксплуатации других похожих сооружений. Для России эта проблема усугубляется еще и тем, что проведенный сравнительный анализ надежности показал, что надежность здания, запроектированного по европейским нормам выше, чем надежность здания, запроектированного по российским нормам. Здание, запроектированное по европейским нормам, через 50 лет имеет такую же вероятность безотказной работы (примерно 0,99998), что и здание, запроектированное по российским нормам сразу после возведения [13].

Для объектов повышенного уровня опасности, к которым, несомненно, следует отнести и объекты образования в силу социальной значимости и уникальности, предложены как вариант значения приемлемого риска порядка 10^{-4} - 10^{-5} год $^{-1}$ [3, 4]. При этом нормативный риск для таких объектов в европейских странах составляет 10^{-6} - 10^{-7} год $^{-1}$ [7]. Для количественной оценки риска элементов конструктивных систем и здания в целом целесообразно ранжирование форм и последствий разрушения. Так, по ориентировочным оценкам специалистов, вероятность отказа зданий и сооружений составляет примерно 10^{-3} для предельных состояний второй группы и 10^{-5} для состояний первой группы с катастрофическими последствиями [9, 13, 14].

Выполним оценку риска обрушения из расчета на одно здание учреждений ВПО, исходя из анализа повреждений, вызванных пожарами [6], а также авариями, связанными с разрушением конструктивных систем от техногенных и природных запроектных воздействий [15]. Анализ показал, что частота возникновения аварий составляет $\lambda=10^{-4}$ год $^{-1}$. Тогда, вероятность обрушения одного из зданий в течение 50 лет эксплуатации составит $P_1(1,50) = 0,00498$; в течение 100 лет эксплуатации – $P_2(1,100) = 0,0099$. Вероятность того, что за $t_1=50$ лет и $t_2=100$ лет не произойдет ни одного случая обрушения конкретного здания составит соответственно: $P_1(0, 50) = 0,995$ и $P_2(0, 100) = 0,99$. В первом случае риск обрушения конкретного здания составит $\bar{R}_1 = 0,005$, а во втором случае – $\bar{R}_2 = 0,01$.

В действительности вероятность катастрофических отказов, появления запредельных нагрузок природного и техногенного характера значительно выше нормативного (примерно в 2-5 раз). Указанная аварийность существенно выше в зонах развития техноприродных чрезвычайных ситуаций, где даже небольшие по интенсивности воздействия практически мгновенно выявляют все дефекты инженерных изысканий, проектных решений и дефекты строительства.

Аналогичным образом, используя данные о количестве пожаров, произошедших на объектах образования за 2008 г, и учитывая общее количество функционирующих в настоящее время в субъектах Российской Федерации образовательных учреждений, можно определить риск возникновения пожаров на этих объектах.

Вероятность возникновения хотя бы одного пожара в течение одного года $P(1, 1) = (0,0008 \cdot 1)^1 \exp(-0,0008 \cdot 1) / 1! = 0,00079$, тогда риск возникновения пожара составит $\bar{R}_1 = 0,0008$.

Полученные результаты расчетов свидетельствуют о том, что вероятность возникновения чрезвычайных ситуаций на объектах образования крайне высоки, превышая на порядок аналогичные показатели в отдельных странах. Анализ зарубежного опыта в области рисков [7,15] показал, что для повышения безопасности объектов недвижимости применяются различные уровни нормирования рисков при проектировании, строительстве и эксплуатации, например, двухуровневое проектирование [15]. В основе такого подхода лежат закономерности взаимодействия различных элементов техногенной и природной среды, характер и виды воздействия, их последствия, способы контроля и профилактики, методы проектирования и планирования, технологии возведения различных объектов. Данный опыт может быть использован и в нашей стране при разработке норм нового поколения, касающихся безопасности основных фондов и, в первую очередь, объектов образования. При этом представляется целесообразным использование следующей двухуровневой схемы:

- первый уровень – предельно допустимый уровень риска; значения риска выше этого уровня считаются неприемлемыми (чрезмерными) с учетом приоритета сохранения жизни и здоровья обучающихся и сотрудников и материального благосостояния объектов образования. Этот уровень, как правило, должен быть гарантирован государством, соответствующим нормативно-организационным и финансовым обеспечением;

- второй уровень – пренебрежимый уровень риска, значения которого находятся в области приемлемого риска (обычно 10^{-6} 1/год).

В настоящее время с введением нового стандарта на проектирование зданий [16], а также элементов системы независимой оценки рисков в области пожарной безопасности, гражданской обороны и защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Российской Федерации [3, 4] представляется целесообразным для существующего основного фонда объектов ВПО организовывать систему мониторинга их технического состояния (особенно объектов эксплуатирующихся более 40-50 лет) и по результатам обследования в дополнение к традиционным методам оценки по предельным состояниям выполнять оценку их конструктивной безопасности и живучести. Такой подход должен быть направлен на установление параметров аварийных воздействий, в т.ч. и пожаров, а также конструктивных мероприятий, препятствующих прогрессирующим разрушениям, в первую очередь, объектов образования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Булгаков, С.Н. Снижение рисков в строительстве при чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера [Текст] / С.Н. Булгаков, А.Г. Тамразян, И.А. Рахман, А.Ю. Степанов. Под общ. ред. А.Г. Тамразяна. – М.: МАКС Пресс, 2004. – 304 с.
2. Акимов, В.А. Риски в природе, техносфере, обществе и экономике [Текст] / В.А. Акимов, В.В. Лесных, Н.Н. Радаев // МЧС России. – М.: Деловой экспресс, 2004. – 352 с.
3. Востоков В.Ю. Методические оценки рисков чрезвычайных ситуаций и нормативы приемлемого риска чрезвычайных ситуаций [Текст]: Материалы научно-практической конференции «Научно-методические подходы к созданию и внедрению системы независимой оценки рисков в области пожарной безопасности, гражданской обороны и защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Российской Федерации» / В.Ю. Востоков. – М., 2008. – С. 39-41.
4. Сборник нормативно-правовых документов в области независимой оценки рисков [Текст] / В.К. Белоусов, В.С. Притуло. – М.: НИИ ВДПО ОПБ, 2008. – 39 с.
5. Разработка концепции обеспечения безопасности объектов системы высшего профессионального образования и целевой программы предупреждений и защиты от чрезвычайных ситуаций

чайных и кризисных ситуаций [Текст]: отчет о НИР / В.И. Колчунов, В.С. Федоров, Ю.С. Степанов и др., 2008 – 352 с.

6. Федоров, В.С. Актуальные проблемы пожарной безопасности зданий [Текст] / В.С. Федоров // Здоровье населения – стратегия развития среды жизнедеятельности. Труды общего собрания РААСН: в 2 т.– Белгород: БГТУ, 2008 – Т. 2. – С. 364-368.

7. Перельмутер, А.В. Избранные проблемы надежности и безопасности строительных конструкций [Текст] А.В. Перельмутер. 3-е изд, испр. и доп. – М.: АСВ, 2007. – 256 с.

8. СНиП 2.01.07-85*. Нагрузки и воздействия [Текст] / Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2003.

9. Травуш, В.И. Безопасность и устойчивость в приоритетных направлениях развития России: национальные проекты и их архитектурно-градостроительные составляющие [Текст] / В.И. Травуш // Доклады и итоговые документы сессий общих собраний РААСН 2002-2006 гг. – М., 2007. – С. 49-61.

10. Эпштейн, А.С. К оценке эффективности мероприятий по повышению пожарной безопасности учреждений ВПО [Текст] / А.С. Эпштейн, Н.В. Бакаева, Н.А. Попова // Известия ОрелГТУ. – Орел: ОрелГТУ, 2008. – №2/18 (543). – С. 24-30.

11. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей [Текст] / Е.С. Вентцель // М.: АСАДЕМІА, 2003. – 573 с.

12. Масленников, А.М. Риски возникновения природных и техногенных катастроф [Текст] / А.М. Масленников. – СПб.: СПбГАСУ, 2008. – 116 с.

13. Райзер, В.Д. Теория надежности в строительном проектировании [Текст] / В.Д. Райзер. – М.: АСВ, 1998. – 304 с.

14. Назаров, Ю.П. К проблеме обеспечения живучести строительных конструкций при аварийных воздействиях [Текст] / Ю.П. Назаров, А.С. Городецкий, В.Н. Симбиркин // Строительная механика и расчет сооружений. – М., 2009. – № 4. – С. 5-9.

15. Исследование энерго-, ресурсоэффективных конструктивных систем с высоким уровнем конструктивной безопасности и живучести [Текст]: отчет о НИР / В.И. Колчунов, В.М. Бондаренко, Н.В. Ключева и др., 2009. – 210 с.

16. СТО 3654501-014-2008 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения по расчету». – М.: НИЦ «Строительство», 2008.

Колчунов В.И.

Орловский государственный технический университет, г. Орел
Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Строительные конструкции и материалы»
Тел.: +7 (4862) 76-03-72
E-mail: oantc@ostu.ru

Бакаева Н.В.

Орловский государственный технический университет, г. Орел
Кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительство автомобильных дорог»
E-mail: oantc@ostu.ru

Скобелева Е.А.

Орловский государственный технический университет, г. Орел
Кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительные конструкции и материалы»
Тел.: +7 (4862) 73-43-49
E-mail: oantc@ostu.ru

УДК 624.074.4.042.7

ПОТУРАЕВА Т.В., ГОРДОН В.А.

ДИНАМИЧЕСКОЕ ДОГРУЖЕНИЕ СВОБОДНО ОПЕРТОЙ НАГРУЖЕННОЙ БАЛКИ, ИНИЦИИРОВАННОЕ ОБРАЗОВАНИЕМ ТРЕЩИНЫ

Представлены зависимости приращений деформаций и напряжений в свободно опертой нагруженной балке, вызванные внезапным образованием открытой поперечной трещины. Решение задачи получено разложением по модам собственных колебаний модели балки, представляющей собой два сегмента, соединенных пружиной кручения в месте образования трещины. Аргументами функции приращений параметров напряженно-деформированного состояния служат глубина и локализация трещины.

Ключевые слова: приращения деформаций и напряжений, поперечная трещина, модель.

Are represented the dependences of increases in the deformations and stresses in the free supported loaded beam, caused by sudden formation of the open transverse crack. Solution of problem is obtained by decomposition in terms of the eigen modes of the model of beam, which is two segments, connected by the spring of twisting in the place of crack formation. Depth and localization of crack serves as the arguments of the function of increases in the parameters of stress-strained state.

Keywords: increments of deformations and pressure, a cross-section crack, model.

Изучение динамических эффектов, инициируемых повреждениями и структурными перестройками нагруженных строительных конструкций, является актуальной проблемой современной строительной механики [1]. Математическому моделированию некоторых переходных процессов, развивающихся в элементах конструкций при их внезапных структурных перестройках, посвящен ряд диссертационных работ [2, 3], в которых решены частные задачи оценки величин приращений деформаций и напряжений в нагруженных балках и пластинах, вызванных трансформациями граничных условий, выключениями из работы и частичными разрушениями отдельных элементов, расслоениями структур.

В настоящей работе методика, примененная в указанных работах и базирующаяся на модальном анализе вынужденных колебаний конструкций, возникающих при импульсных изменениях ее структуры, распространена на случай внезапного трещинообразования в изогнутой балке.

В работе [4] поставлена и решена задача определения собственных частот и форм изгибных колебаний свободно опертой по концам нагруженной равномерно распределенной нагрузкой заданной интенсивности q , инициируемых внезапно образующейся открытой поперечной трещиной заданной глубины и локализацией. При этом балка моделировалась двумя сегментами, соединенными пружиной кручения заданной жесткости (функцией глубины трещины), расположенной в месте образования трещины (рисунок 1).

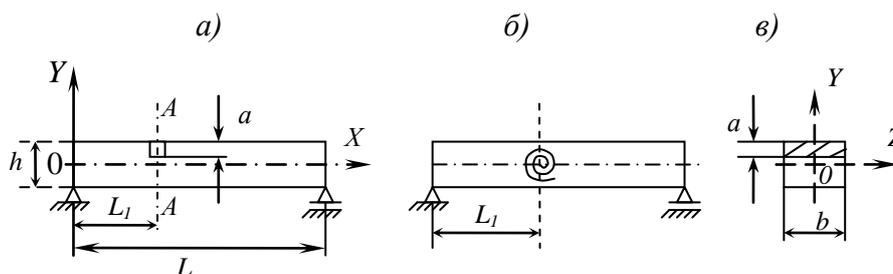


Рисунок 1 – Вертикальная односторонняя открытая трещина (а); модель балки с пружиной кручения (б); сечение А-А (в)

Решение исходной статической задачи изгиба нагруженной неповрежденной балки известно [5]. В частности:

1) Начальный безразмерный статический прогиб в произвольном сечении $x = \frac{X}{L}$:

$$w_{cm} = \frac{W_{cm}(X)EI_z}{24qL^4} = \frac{x}{24} \left(2x^2 \left(1 - \frac{x}{2} \right) - 1 \right), \quad (1)$$

где $W_{cm} = W_{cm}(X)$ – размерный статический прогиб неповрежденной балки.

Наибольший прогиб наблюдается в середине балки ($x = 0,5$) и равен $w_{cm} = w_{cm}(0,5) = -\frac{5}{384}$.

2) Начальное безразмерное нормальное напряжение в произвольном сечении x на расстоянии $\xi = \frac{Y}{h/2}$ от нейтральной поверхности:

$$\sigma_{cm} = \frac{\sigma_{cm}(X, Y)}{qL^2} W_z = \frac{x}{2} (1-x) |\xi|, \quad (2)$$

где $\sigma_{cm}(X, Y)$ – размерное нормальное напряжение в произвольном сечении неповрежденной балки на уровне $\pm \xi$.

Наибольшие напряжения развиваются в середине пролета в крайних волокнах ($|\sigma_{cm_{max}}| = \frac{1}{8}$).

Уравнение вынужденных колебаний обеих частей балки после образования трещины имеет вид [4]:

$$\frac{\partial^4 y_i}{\partial x^4} + \frac{\rho AL^3}{EI_z} \cdot \frac{\partial^2 y_i}{\partial t^2} = -\bar{q}; \quad (i = 1, 2), \quad (3)$$

где $y_i = \frac{Y_i}{L}$ – безразмерные прогибы i -го сегмента балки в переходном процессе; $t = \frac{T}{\sqrt{L}}$ –

время $\left[\frac{c}{M^{1/2}} \right]$; $\bar{q} = \frac{qL^3}{EI_z}$ – безразмерная внешняя нагрузка.

Решение уравнений (3) ищем в виде разложения по формам собственных колебаний $w_{in} = w_{in}(x)$ [4] с неизвестными коэффициентами-функциями времени t :

$$Q_{in} = Q_{in}(t);$$

$$y_1 = \sum_{n=1}^{\infty} Q_{1n}(t) w_{1n}(x); \quad 0 \leq x \leq \ell_1; \quad (4)$$

$$y_2 = \sum_{n=1}^{\infty} Q_{2n}(t) w_{2n}(x); \quad \ell_1 \leq x \leq 1, \quad (5)$$

где $\ell_1 = \frac{L_1}{L}$ – безразмерная координата локализации трещины.

Подстановка (4) и (5) в уравнения (3) дает:

$$\sum_{n=1}^{\infty} Q_{in}(t) \frac{d^4 w_{in}}{dx^4} + \frac{\rho AL^3}{EI_z} \frac{d^2 Q_{in}}{dt^2} w_{in} = -\bar{q},$$

(6)

но из дифференциального уравнения для собственных колебаний [4] следует:

$$\frac{d^4 w_{in}}{dx^4} = \lambda_n^4 w_{in}. \quad (7)$$

Подставляя (7) в (6) и учитывая $\lambda^4 = \frac{\rho AL^3}{EI_z} \omega^2$, где ω – частота собственных колеба-

ний, получим:

$$\sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{d^2 Q_{in}}{dt^2} + \omega_n^2 Q_{in} \right) w_{in} = -\bar{q}, \quad (8)$$

где обозначено $\bar{q} = \frac{q}{\rho A}$.

Учитывая ортогональность форм собственных колебаний $w_{in} = w_{in}(x)$, получим из выражения (8):

$$\frac{d^2 Q_{in}}{dt^2} + \omega_n^2 Q_{in} = R_{in}, \quad (9)$$

где обозначено

$$R_{1n} = -\frac{\int_0^{\ell_1} w_{1n}(x) dx}{\int_0^{\ell_1} w_{1n}^2(x) dx}; \quad R_{2n} = -\frac{\int_{\ell_1}^{\ell_2} w_{2n}(x) dx}{\int_{\ell_1}^{\ell_2} w_{2n}^2(x) dx}, \quad (10)$$

где [4] $w_{1n}(x) = A_{1n} \cdot \sin \lambda_n x + C_{1n} \cdot sh \lambda_n x; 0 \leq x \leq \ell_1;$ (11a)

$$w_{2n}(x) = A_{2n} \cdot \sin \lambda_n (x - \ell_1) + B_{2n} \cdot \cos \lambda_n (x - \ell_1) + C_{2n} \cdot sh \lambda_n (x - \ell_1) + D_{2n} \cdot ch \lambda_n (x - \ell_1);$$

$$\ell_1 \leq x \leq \ell_2. \quad (11b)$$

Общие решения уравнения (9) имеют вид:

$$Q_{in} = B_{i1n} \sin \omega_n t + B_{i2n} \cos \omega_n t + \frac{R_{in}}{\omega_n^2}. \quad (12)$$

Тогда $y_1 = \sum_{n=1}^{\infty} (B_{11n} \sin \omega_n t + B_{12n} \cos \omega_n t + \frac{R_{1n}}{\omega_n^2}) w_{1n}(x);$ (13a)

$$y_2 = \sum_{n=1}^{\infty} (B_{21n} \sin \omega_n t + B_{22n} \cos \omega_n t + \frac{R_{2n}}{\omega_n^2}) w_{2n}(x). \quad (13b)$$

Из начальных условий $[y_i(x, 0) = w_{cm}(x); \frac{\partial y_i}{\partial t} \Big|_{x,0} = 0 (i = 1, 2)]$ следует:

$$B_{12n} + \frac{R_{1n}}{\omega_n^2} = \frac{\bar{q}}{24} \frac{\int_0^{\ell_1} x(2x^2(1 - \frac{x}{2}) - 1) w_{1n}(x) dx}{\int_0^{\ell_1} w_{1n}^2(x) dx}; \quad B_{22n} + \frac{R_{2n}}{\omega_n^2} = \frac{\bar{q}}{24} \frac{\int_{\ell_1}^{\ell_2} x(2x^2(1 - \frac{x}{2}) - 1) w_{2n}(x) dx}{\int_{\ell_1}^{\ell_2} w_{2n}^2(x) dx};$$

$$B_{11n} = B_{21n} = 0.$$

Тогда $y_i(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{qL^3}{EI_z P_{in}} (S_{in} - \frac{1}{\lambda_n^4} T_{in} \sin^2 \frac{\omega_n t}{2}) w_{in}(t),$ (14)

где $P_{1n} = \int_0^{\ell_1} w_{1n}^2(x) dx, P_{2n} = \int_{\ell_1}^{\ell_2} w_{2n}^2(x) dx;$

$$S_{1n} = \frac{1}{24} \int_0^{\ell_1} x(2x(1 - \frac{x}{2}) - 1) w_{1n}(x) dx; \quad S_{21} = \frac{1}{24} \int_{\ell_1}^{\ell_2} x(2x(1 - \frac{x}{2}) - 1) w_{2n}(x) dx;$$

$$T_{1n} = 2 \int_0^{\ell_1} w_{1n}(x) dx; \quad T_{2n} = 2 \int_{\ell_1}^{\ell_2} w_{2n}(x) dx.$$

Напряжения в сегментах в процессе колебаний:

$$\sigma_i = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{qL^2}{W_z P_{in}} \left(S_{in} - \frac{1}{\lambda_n^4} T_{in} \sin^2 \frac{\omega_n t}{2} \right) \frac{d^2 w_{in}}{dx^2}. \quad (15)$$

Эффект внезапно образующейся открытой поперечной трещины заданной глубины и локализации оценивается безразмерными коэффициентами $K_y = \frac{y_{2\text{дин.наиб}}(0,5;t_1)}{y_{\text{ст.наиб}}}$ и $K_\sigma = \sigma \frac{\sigma_{2\text{дин.наиб}}(0,5;t_1)}{\sigma_{\text{ст.наиб}}}$, показывающими превышение прогибов и напряжений соответствующих величин в рабочем состоянии (t_1 – время наступления первого наибольшего значения). Прогибы и напряжения в среднем сечении $x = 0,5$.

На рисунке 2 представлен график зависимости K_y (коэффициент превышения прогибов) от глубины трещины для соответствующих локализаций.

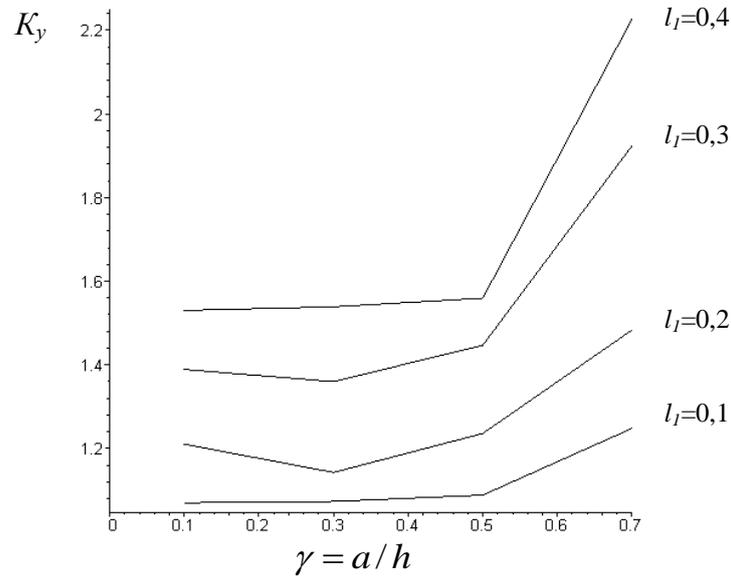


Рисунок 2 – График зависимости K_y (коэффициент превышения прогибов) от глубины трещины для соответствующих локализаций

Анализ графика, приведенного на рисунке 2, приводит к следующим выводам:

- приращения прогибов растут по мере приближения трещины к середине балки, причем сравнительно медленно увеличиваются в диапазоне глубин трещины $\gamma = 0,1 \div 0,5$ и резко возрастают для более глубоких трещин ($0,5 < \gamma < 0,7$);
- наибольшие приращения достигаются при $l_1 = 0,4$ и $\gamma = 0,7$ ($K_y = 2,2$).

На рисунке 3 представлен график зависимости K_σ (коэффициент превышения напряжений) от глубины трещины для соответствующих локализаций.

Анализ графика, приведенного на рисунке 3, приводит к следующему выводу: динамические догрузки напряжений растут при приближении трещины к середине, глубина трещины γ при любом ее расположении слабо влияет на коэффициент K_σ .

Относительно параметра l_1 заметим, что диапазон изменения его в настоящей работе ограничен требованием, чтобы оба сегмента модели удовлетворяли гипотезам и ограничениям, принятым в строительной механике стержневых систем. В частности, отношение длин сегментов L_1 или $(1 - L_1) = L_2$ к максимальному размеру поперечного сечения h , т.е. их удлинения, должны быть не меньше 10. Такому же требованию должно удовлетворять удлинение исходной (неповрежденной) балки. Таким образом, длины сегментов должны удовлетворять системе неравенств:

$$\begin{cases} \frac{h}{L} \leq \frac{1}{10} \\ \frac{h}{L_1} < \frac{1}{10} \\ \frac{h}{L_2} < \frac{1}{10} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{h}{L} = k \leq \frac{1}{10} \\ \frac{h}{L_1} < \frac{1}{10} \\ \frac{h}{L-L_1} < \frac{1}{10} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{h/L}{L_1/L} < \frac{1}{10} \\ \frac{h/L}{1-L_1/L} < \frac{1}{10} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{k}{l_1} < \frac{1}{10} \\ \frac{k}{1-l_1} < \frac{1}{10} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} l_1 > 10k \\ 10k < 1-l_1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} l_1 > 10k \\ l_1 < 1-10k \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \ell_1 = \frac{L_1}{L} \in (10k; 1-10k), \quad (16)$$

но $10k < 1 - 10k \Rightarrow k < 1/20$.

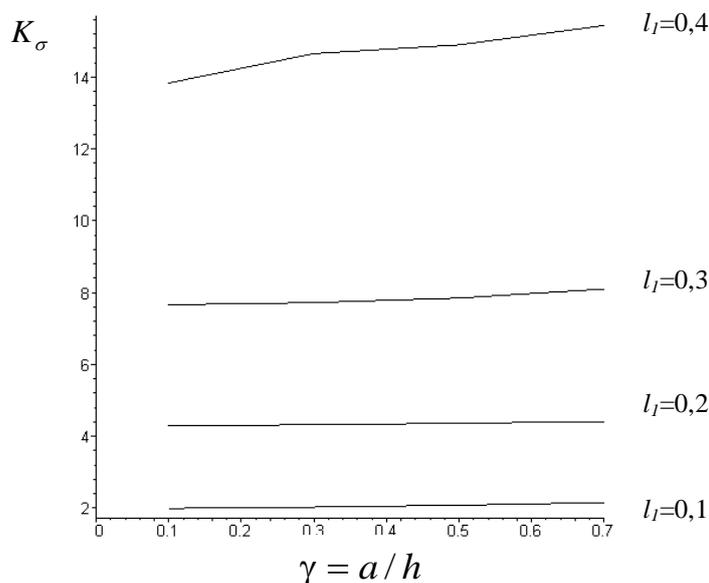


Рисунок 3 – График зависимости K_σ (коэффициент превышения напряжений) от глубины трещины для соответствующих локализаций

Таким образом, во-первых, модель с пружиной можно применять, если удлинение исходной балки не меньше 20; во-вторых, l_1 может изменяться в пределах $10k < \ell_1 < 1-10k$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гениев, Г.А. Прочность и деформативность железобетонных конструкций при за-проектных воздействиях [Текст] / Г.А. Гениев, В.И. Колчунов, Н.В. Ключева и др. – М.: АСВ, 2004. – 216 с.
2. Павлова, Т.А. Развитие метода расчета строительных конструкций на живучесть при внезапных структурных изменениях [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.17 / Павлова Татьяна Александровна. – Орел, 2006.
3. Брусова, В.И. Переходные процессы в круглых пластинах и балках при некоторых внезапных за-проектных воздействиях [текст]: дисс...канд. техн. наук: 05.23.17 / Брусова Ве-ра Ивановна. – Орел, 2009.
4. Гордон, В.А. Частоты собственных изгибных колебаний свободно опертой балки с трещиной / В.А. Гордон // Строительная механика и расчет сооружений. – М.: ФГУП НИЦ «Строительство». – 2009. – 3(224). – С. 19-23.
5. Хечумов, Р.А. Соппротивление материалов и основы строительной механики. Учеб-ник для вузов / Р.А. Хечумов, А.Г. Юрьев, А.А. Толбатов. – М.: АСВ, 1994. – 387 с.

Потураева Т.В.

Орловский государственный технический университет, г. Орел
Старший преподаватель кафедры «Высшая математика»
Тел.: +7 905 167 87 22

Гордон В.А.

Орловский государственный технический университет, г. Орел
Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Высшая математика»
E-mail: Gordon@ostu.ru

ПЯТИКРЕСТОВСКИЙ К.П., СОКОЛОВ Б.С.

ЧИСЛЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МОДЕЛИ ШАТРОВОГО ПОКРЫТИЯ ПРИ ДЛИТЕЛЬНЫХ СТУПЕНЧАТО ВОЗРАСТАЮЩИХ НАГРУЗКАХ

Рассчитывается конструкция модели покрытия, описанная в [1], в режиме эксперимента. Расчет выполнен методом последовательных приближений при помощи программного комплекса MicroFe по методике, разработанной для деревянных пространственных конструкций с использованием интегрального модуля В.М. Бондаренко [2].

Ключевые слова: приращения деформаций и напряжений, поперечная трещина, модель.

The design of hipped roof model described in [1] in the mode of experiment is computed. The computation is carried out through the method of successive approximations with the aid of program complex MicroFe on the methods developed for timber spatial structures with the use of Bondarenko's integral module [2].

Keywords: increments of deformations and pressure, a cross-section crack, model.

Исследуется напряженно-деформированное состояние (НДС) крупномасштабной модели деревянной шатровой оболочки с каркасом из древесины и обшивками собственно оболочки из фанеры (рисунки 1, 2) при эксплуатационных и запроектных нагрузках с целью количественной оценки резервов силового сопротивления конструкции. Для этого ее нагружали экстремальными нагрузками, которые определены в ходе эксперимента. На основании численных расчетов и их сопоставления с анализом работы этой и других пространственных (многократно статически неопределимых) конструкций предполагается выполнить необходимые обобщения для составления общих и частных рекомендаций по проектированию эффективных с точки зрения экономики и обеспечения безопасности (живучести) сооружений.

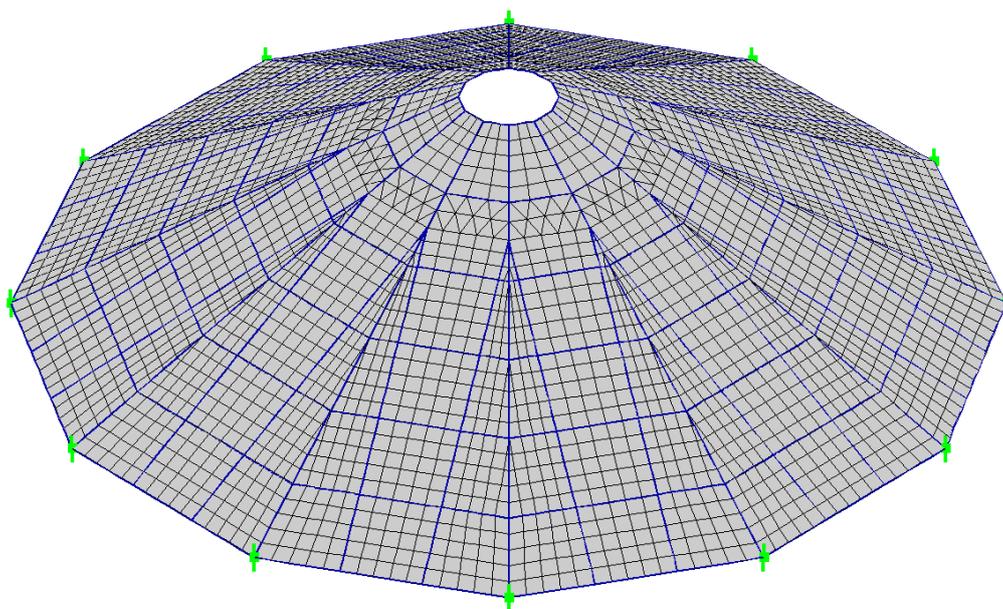


Рисунок 1 – Общий вид расчетной модели

Общий вид расчетной модели показан на рисунке 1, основные геометрические размеры, жесткости, эксцентриситеты и др., необходимые для анализа результатов исследований, показаны на рисунках 2, 3. Нагрузки на оболочку приняты согласно таблице 1.

Таблица 1 – Нагрузки и длительность приложения

№ этапа	0	1	2	3	4	5	6
T , сут.	0	12	12,083	24,083	24,167	36,167	40,167
q , кН/м ²	12,5	12,5	14,0	15,0	15,75	16,5	17,5

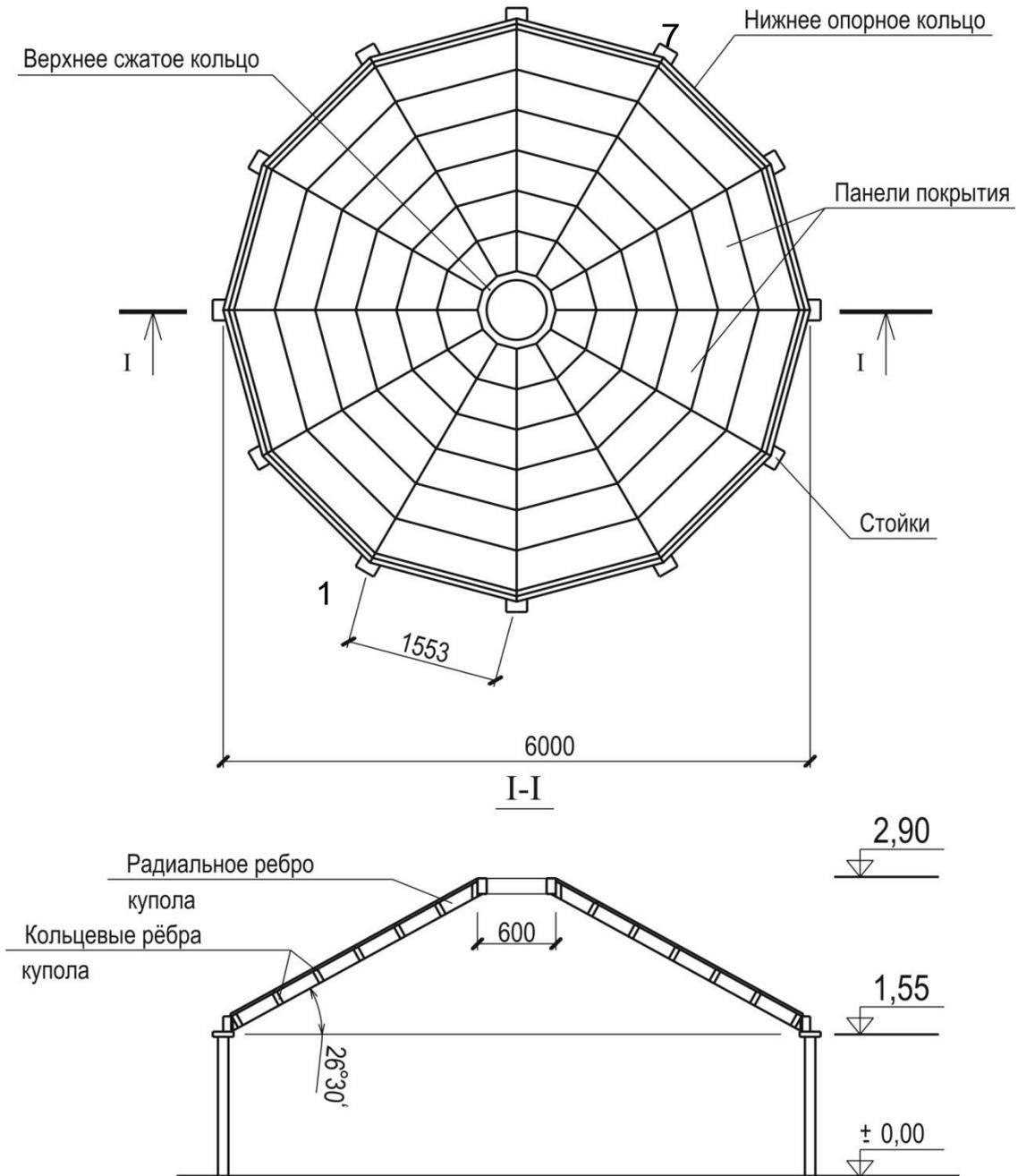


Рисунок 2 – Схема исследуемой модели шатровой оболочки

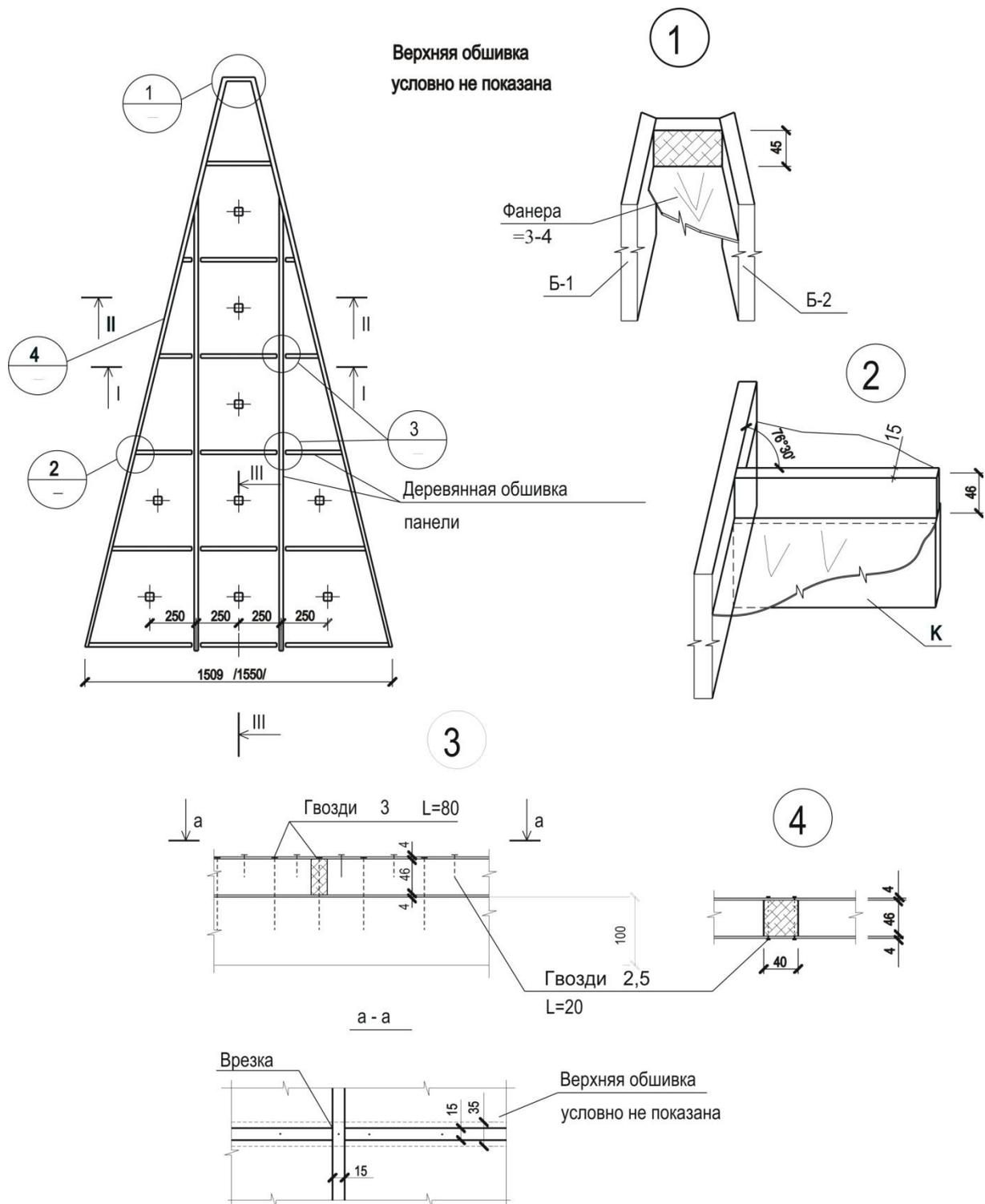


Рисунок 3 – Устройство модели покрытия

По результатам испытаний модели установлено, что особенности пространственной работы конструкции наиболее ярко проявляются при односторонних нагрузках.

Программа, этапы и длительность приложения нагрузок приведены в таблице 1.

Рассмотрим результаты расчета.

В таблице 2 приведены основные характеристики НДС модели: прогибы, усилия и напряжения.

Таблица 2 – Результаты расчета

№№ этапов	Прогиб, мм	Опорное кольцо сред. пролета		Меридиональное ребро 1-7				Кольцевое ребро		Контролируемые зоны обшивки									
				Нижн. опорная зона		У ребра К-1		Ребро К-2 опорной зоны		У середины пролета Ребро К-2			Вблизи опор Ребро К-1			Вблизи опорных узлов			
				N_{max} кН/МПа	$E_{ин}$ МПа	N_{max} кН/МПа	$E_{ин}$ МПа	N_{max} кН/МПа	$E_{ин}$ МПа	N_{max} кН/МПа	$E_{ин}$ МПа	σ_r МПа	$E_{ин1}$ МПа	$E_{ин2}$ МПа	σ_s МПа	$E_{ин1}$ МПа	$E_{ин2}$ МПа	σ_r МПа	$E_{ин1}$ МПа
1	8,8	$\frac{53,3}{10,7}$	8418	$\frac{24,8}{3,82}$	8655	$\frac{8,47}{1,3}$	7460	$\frac{13,34}{6,7}$	8290	4,6	5699	10700	7,7	5323	10233	6,6	5419	10356	3,8
2	9,6	$\frac{55,2}{11,0}$	8033	$\frac{24,9}{3,83}$	8368	$\frac{7,09}{1,1}$	7201	$\frac{12,4}{6,4}$	8202	4,5	5673	10677	8,05	5207	10130	8,5	5200	10106	5,1
3	10,4	$\frac{58,3}{11,6}$	7830	$\frac{26,3}{4,05}$	8196	$\frac{11,45}{1,8}$	6795	$\frac{14,07}{7,04}$	8053	4,8	5619	10590	8,8	5209	10100	9,1	5104	9985	5,4
4	11,1	$\frac{61,24}{12,2}$	7696	$\frac{27,45}{4,2}$	8104	$\frac{6,9}{1,06}$	6635	$\frac{14,81}{7,41}$	7937	5,0	5603	10568	9,5	5155	10028	9,5	5055	9931	5,7
5	11,7	$\frac{63,9}{12,8}$	7554	$\frac{28,6}{4,4}$	7992	$\frac{7,0}{1,07}$	6397	$\frac{15,5}{7,75}$	7811	5,3	5564	10506	10,0	5088	9935	10,0	4987	9839	6,0
6	12,6	$\frac{67,8}{13,6}$		$\frac{30,3}{4,7}$		$\frac{7,1}{1,09}$		$\frac{16,4}{8,22}$		5,6			10,8			10,7			6,4

Предварительные испытания модели и расчет шатрового покрытия позволили установить, что, начиная с нагрузки $10,6 \text{ кН/м}^2$, конструкция работает во второй стадии – установившейся ползучести, поэтому изменения модуля деформаций на всех этапах нагружения вычислялись по формуле [2]:

$$E_{ин}(x, t) = \Phi(\varepsilon_{\phi}^A, b, a) \left[\frac{\sigma_{\partial n}}{H \cdot \sigma(t)} + \frac{\sigma_0 - \sigma_{\partial n}}{n \cdot E_0 \sigma(t)} (t - t_1) + \sum_{i=1}^k \frac{\Delta \sigma_i (t - t_i)}{\sigma(t) \cdot n \cdot E_0} \right]^{-1} \quad (1)$$

При испытаниях кратковременными, но многократными нагрузками оказалось, что, несмотря на размеры сечений элементов, значительно меньшие по сравнению с размерами соответствующих плоскостных конструкций, силовое сопротивление модели оказалось настолько большим, что для ее разрушения не хватило мощности балласта, служащего силовым полом. При этом до нагрузки, равной 8000 Н/м^2 , в 2,1 раза превышающей расчетную 3800 Н/м^2 для натурной конструкции, все деформации и перемещения оболочки оказались полностью обратимыми, т.е. модель работала упруго, хотя в отдельных местах, а именно в местах сопряжения кольцевых и меридиональных ребер, в обшивках возникали отдельные перенапряжения до $8,4 \text{ МПа}$ поперек волокон наружных шпонов и до $12,6 \text{ МПа}$ – вдоль волокон, при расчетных сопротивлениях фанеры 7 и 13 МПа соответственно. Признаков повреждений или местной потери устойчивости обшивок при этих нагрузках не наблюдалось.

Для выявления резервов силового сопротивления конструкции испытания модели были продолжены после усиления силового пола.

Представляет большой интерес исследование конструкции за пределами упругости, особенно при длительных нагрузках. Поэтому исследования были продолжены сразу, начиная с нагрузки $12,5 \text{ кН/м}^2$ ($3,3$ расчетной величины), до признаков разрушения в виде местного отслоения обшивок от ребер при нагрузке $18,9 \text{ кН/м}^2$, приложенной кратковременно после того, как оболочка была испытана длительными нагрузками, указанными в таблице 1.

На рисунке 4 показаны графики изменения основных характеристик НДС оболочки в зависимости от величины нагрузки и длительности нагружения. Качественно все кривые аналогичны экспериментальным. Количественно экспериментальные значения прогибов превышают теоретические на 25% за счет некоторой податливости соединений элементов модели.

На рисунке 5 показано перераспределение кольцевых сжимающих (σ_r) и связанных с ними сдвигающих (σ_{rs}) напряжений в нижней половине панелей оболочки. Из сопоставления картин видно, что после этапа 3 происходит их перераспределение с выравниванием областей максимумов со смещением их от ребер 3-4 и 9-10 к центральному ребру 7.

Нормальные усилия в меридиональных ребрах по расчету в зоне кольцевого ребра К-2 на 14% меньше, чем экспериментальные.

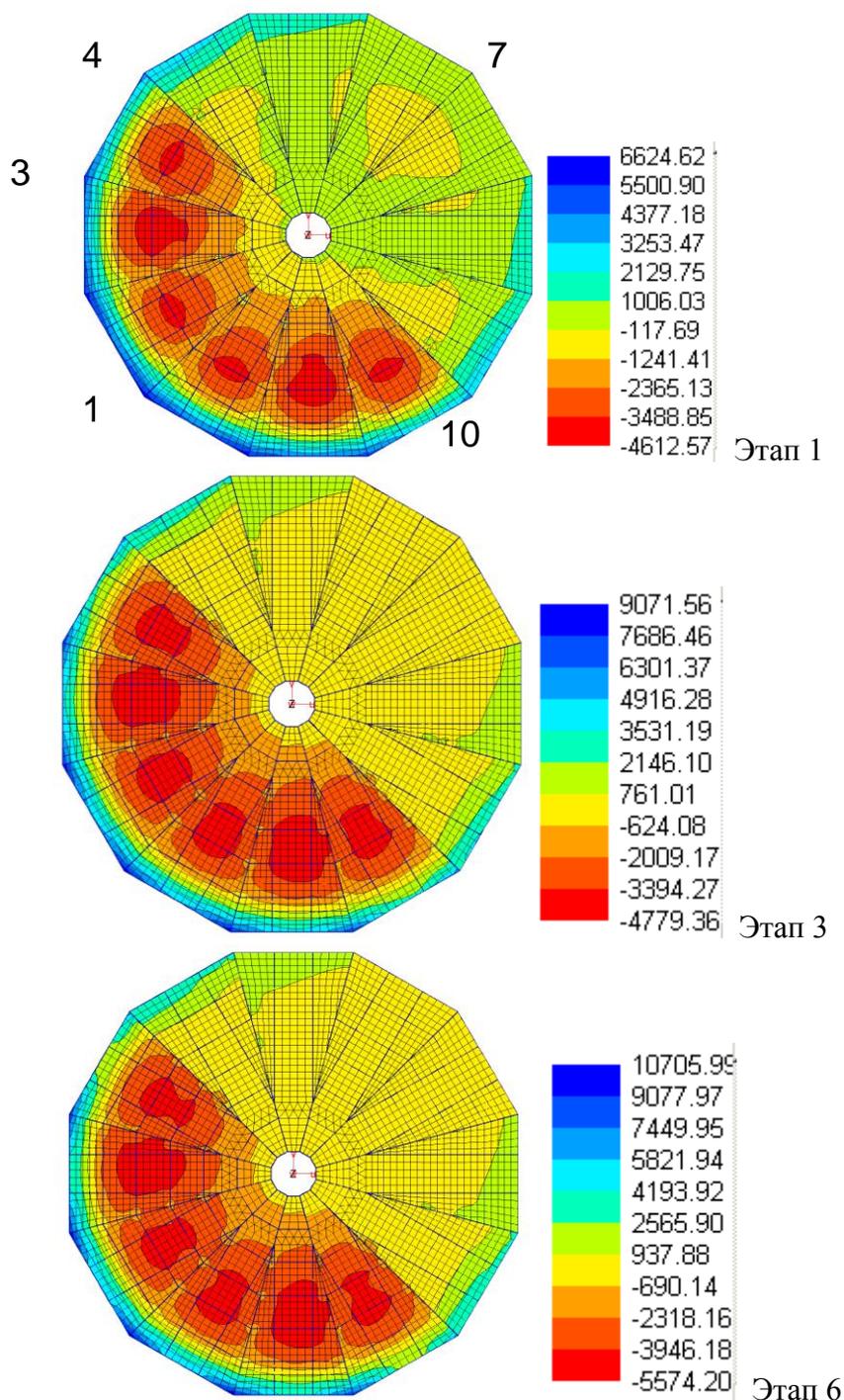


Рисунок 4 – Картина перераспределения усилий в оболочке на примере сжимающих напряжений σ_r

Анализ местной потери устойчивости обшивок требует особого рассмотрения, поскольку в данной работе использовалась приведенная толщина верхней и нижней обшивок к одной. В то же время различные эксперименты показывают, что обшивки продолжают эффективно работать с образованием полей диагональных растяжений при уровне сдвигающих усилий, в 3-5 раз превышающих критические.

Относительно резкое увеличение напряжений и прогибов после нагрузки 5-го этапа также соответствует данным эксперимента, при котором на 6-м этапе местами наметился отрыв обшивок от ребер.

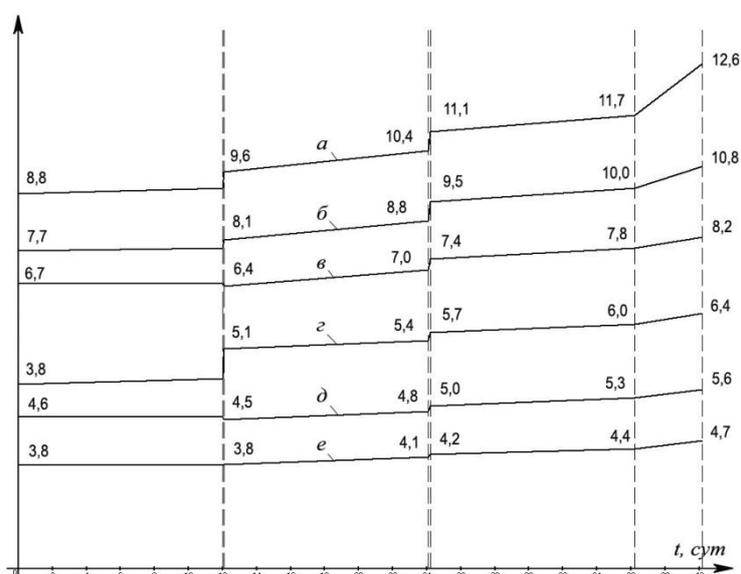


Рисунок 5 – Графики прогибов, напряжений и усилий в зависимости от величины нагрузок и времени их действия: *a* – прогибы, мм; *б* – кольцевые напряжения у опор σ_r , МПа; *в* – кольцевые напряжения на уровне кольцевого ребра К-2, МПа; *г* – сдвигающие напряжения в обшивке у оси 3, МПа; *д* – кольцевые нормальные усилия N_{max} у опорного кольца, кН

Выводы

1. Выполненный расчет НДС модели шатровой оболочки из клееной древесины выявил эффект перераспределения усилий в оболочке, вследствие чего разрушающая нагрузка $18,9 \text{ кН/м}^2$ почти в пять раз превосходит расчетную $3,8 \text{ кН/м}^2$. В этом проявляется эффект приспособляемости (живучести) пространственной конструкции, который обеспечивает конструктивную безопасность реальных конструкций.

2. Разработанный расчет оболочек с использованием интегрального модуля деформаций (согласно предложениям В.М. Бондаренко) обеспечивает достаточную достоверность результатов, сравнительную простоту расчетов и открывает новые возможности теоретических исследований современных многократно статически неопределимых конструкций.

3. Исследуемые пространственные конструкции покрытий отвечают современным требованиям обеспечения живучести и конструктивной безопасности при одновременной возможности снижения расхода материалов до 25% по сравнению с плоскостными.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пятикрестовский, К.П. Исследование шатровой оболочки из древесины и фанеры при несимметричных нагрузках [Текст] / К.П. Пятикрестовский, Х.С. Хунагов // Экспресс-информация ВНИИИС. Инженерно-теоретические основы строительства. – М., 1983. – Сер. 11. – Вып. 7. – С. 26-30.
2. Бондаренко, В.М. Инженерные методы нелинейной теории железобетона [Текст] / В.М. Бондаренко, С.В. Бондаренко. – М.: Стройиздат, 1982. – 280 с.
3. Пятикрестовский, К.П. Расчет времени безотказной работы цилиндрической оболочки покрытия из клееных деревянных ребер и дощатого настила [Текст] / К.П. Пятикрестовский // Вестник отделения строительных наук. – Москва-Орел: РААСН, Орел ГТУ. – 2009. – №13. – С. 258-269.

Пятикрестовский К.П.

Центральный научно-исследовательский институт строительных конструкций им. В.А. Кучеренко, г. Москва
Кандидат технических наук

Соколов Б.С.

Научно-исследовательский институт железобетона им. А.А. Гвоздева, г. Москва

РОЩИНА С.И.

РАСЧЕТ СЖАТО-ИЗГИБАЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ АРМИРОВАННЫХ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ДЕЙСТВИИ НАГРУЗКИ

Для того чтобы учесть длительно действующую нагрузку можно использовать аппарат теории упругой наследственности. В этой теории связь между напряжениями и деформациями элемента учитывает интегральное уравнение Больцмана-Вольтера.

С изменением во времени общих деформаций сжато-изгибаемых элементов армированных деревянных конструкций происходит перераспределение напряжений между арматурой и древесиной, напряжения в арматуре увеличиваются, в древесине уменьшаются.

Ключевые слова: длительно действующая нагрузка, интегральное уравнение.

In order to take into account a long-acting load one can use a system of the elastic heredity theory. In this theory a connection between stresses and deformations of an element takes into account Boltzman-Wolter integral equation.

Because of general deformations in the course of time in compressed-flexural elements in reinforced structural timber works there is a redistribution of stresses between armature and timber, stresses increase in an armature and decrease in timber.

Key words: it is long operating loading, the integrated equation.

При расчете сжато-изгибаемых элементов армированных деревянных конструкций при длительно действии нагрузки определяем напряженно-деформированное состояние армированного деревянного элемента от внешней продольной силы и изгибающего момента, вызванного внешней поперечной нагрузкой, и дополнительного изгибающего момента $Nf(t)$, учитывающего изменение прогиба элемента во времени.

Основываясь на результатах расчета изгибаемых элементов, решение задачи расчета при сжатии с изгибом можно выполнить на основе математического аппарата теории упругой наследственности.

Зная составляющие нормальных напряжений в древесине и арматуре от продольной силы N , изгибающего момента M и дополнительного изгибающего момента $Nf(t)$, а также значение $f(t)$, найдем значение суммарных напряжений в древесине и арматуре в любой момент времени t , т.е. получим расчетные формулы, позволяющие определять напряженно-деформированное состояние сжато-изгибаемых армированных деревянных элементов в любой момент времени.

$$\sigma_d(t) = \sigma_{d1}(t) \pm \sigma_{d2}(t) \pm \sigma_{d3}(t);$$

$$\sigma_d(t) = \frac{N}{F_{np}} \left[\frac{\alpha}{\beta} + \left(1 - \frac{\alpha}{\beta} \right) e^{-\beta t} \right] \pm \frac{My}{I_{np}} \left[\frac{\alpha}{\beta_1} + \left(1 - \frac{\alpha}{\beta_1} \right) e^{-\beta_1 t} \right] \pm \frac{Nf(t)y}{I_{np}} \left[\frac{\alpha}{\beta_1} + \left(1 - \frac{\alpha}{\beta_1} \right) e^{-\beta_1 t} \right]. \quad (1)$$

Напряжения в арматуре:

$$\sigma_s(t) = \frac{N}{F_{np}} \cdot \frac{E_s}{E_d} \left[\frac{A + \alpha}{\beta} + \left(1 - \frac{A + \alpha}{\beta} \right) e^{-\beta t} \right] \pm \frac{My_s}{I_{np}} \cdot \frac{E_s}{E_d} \times$$

$$\times \left[\frac{A + \alpha}{\beta_1} + \left(1 - \frac{A + \alpha}{\beta_1} \right) e^{-\beta_1 t} \right] \pm \frac{Nf(t)y_s}{I_{np}} \cdot \frac{E_s}{E_d} \left[\frac{A + \alpha}{\beta_1} + \left(1 - \frac{A + \alpha}{\beta_1} \right) e^{-\beta_1 t} \right]. \quad (2)$$

Для практических расчетов достаточно определить установившееся напряженно-деформированное состояние, приобретаемое сжато-изгибаемым элементом через определен-

ное время. Для строительных конструкций важно знать конечное значение напряжений в сечениях элемента, тогда при $t \rightarrow \infty$ формулы (1) и (2) будут иметь вид:

$$\sigma_s(t) = \frac{N}{F_{пр}} K'_d(t) \pm \left(\frac{M}{W_{пр}} + \frac{Nf}{W_{пр}} \right) K''_d(t), \quad (3)$$

$$\sigma_s(t) = \frac{N}{F_{пр}} K'_s(t)n \pm \left(\frac{My_s}{I_{пр}} + \frac{Nfy_s}{I_{пр}} \right) K''_s(t)n. \quad (4)$$

где $K'_d(t) = \frac{\alpha}{\beta} = \frac{E_d(t)(1+n\mu)}{E_d(t) + E_d n\mu} \leq 1$ – коэффициент влияния, учитывающий снижение напряжений в древесине от действия силы N ;

$K''_d(t) = \frac{\alpha}{\beta_1} = \frac{E_d(t)(1+3n\mu)}{E_d(t) + E_d \cdot 3n\mu} \leq 1$ – то же, от изгибающих моментов M и $Nf(t)$;

$K'_s(t) = \frac{A+\alpha}{\beta} = \frac{E_d(1+n\mu)}{E_d(t) + E_d n\mu} \geq 1$ – коэффициент, учитывающий увеличение напряжений в арматуре от силы N ;

$K''_s(t) = \frac{A+\alpha}{\beta_1} = \frac{E_d(1+3n\mu)}{E_d(t) + E_d \cdot 3n\mu} \geq 1$ – то же, от моментов M и $Nf(t)$. Здесь $m_{дл} = E_d(t)/E_d$.

Зависимость коэффициентов $K'_d(t)$ и $K''_d(t)$; $K'_s(t)$ и $K''_s(t)$ от коэффициента армирования и величины $E_d(t)$ приведены на рисунках 1 и 2.

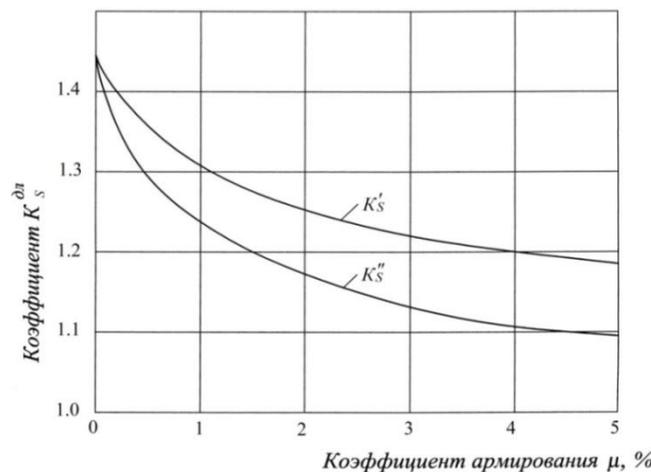


Рисунок 1 – Зависимость коэффициентов перераспределения усилий в арматуре от коэффициента армирования

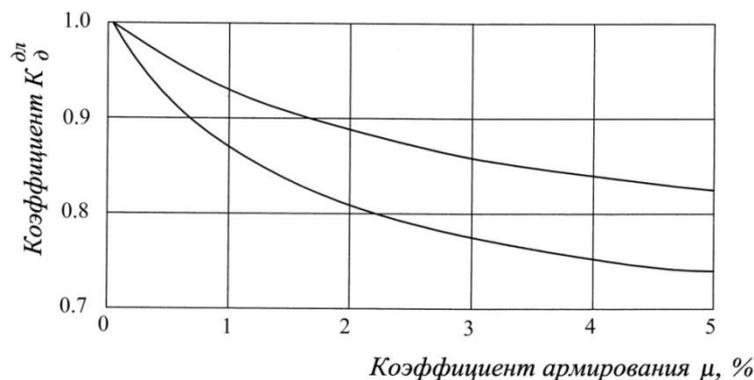


Рисунок 2 – Зависимость коэффициентов перераспределения усилий в древесине от коэффициента армирования

Анализ полученных результатов показывает, что изменение напряжений в сечениях сжато-изгибаемых элементов в зависимости от коэффициента армирования может достигать в древесине 7...18% от действия N и 14...25% от действия M и $N(t)$, а в арматуре, соответственно, +18...33% и +8...23% при $m_{дл} = 0,7$. Уменьшение $m_{дл}$ приводит к ещё более значительному изменению напряженно-деформированного состояния элемента.

Проведенные расчеты численными методами с использованием ПК «Лири 9.2» показали, что относительная разница в определении напряженно-деформированного состояния сжато-изгибаемых элементов с учетом ползучести по предлагаемой методике составляет – 7 + 16%, что говорит о сопоставимости результатов расчета.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рощина, С.И. Методы расчета изгибаемых армированных деревянных элементов с учетом длительного действия нагрузки на основе теории упруго-ползучего тела [Текст] / С.И. Рощина, В.М. Бондаренко, В.И. Римшин // Современные проблемы механики строительных конструкций: Материалы международного конгресса «Наука и инновации в строительстве SIB – 2008», том 2. – Воронеж, 2008. – С. 51-57.

2. Щуко, В.Ю. Расчет армированных деревянных конструкций при изгибе с учетом длительного действия нагрузки [Текст] / В.Ю. Щуко, С.И. Рощина // Современные строительные конструкции из металла и древесины: Сборник научных трудов. – Одесса: ОГАСА, 2005. – С. 291-295.

3. Рощина, С.И. Теоретические исследования армированных деревянных конструкций с учетом длительных силовых воздействий / С.И. Рощина. – М.: ПГС. 2008. – №1. – С. 58-59.

4. Рощина, С.И. Теоретические методы расчета изгибаемых армированных деревянных конструкций с учетом длительного действия нагрузки на основе теории упругой наследственности [Текст] / С.И. Рощина // Известия Орел ГТУ. Серия «Строительство. Транспорт». – Орел.: ОрелГТУ. – 2009. – №2. – С. 34-37.

Рощина С.И.

Владимирский государственный университет, г. Владимир

Кандидат технических наук, доцент

Тел.: +7 (4922) 47-98-04

E-mail: roshinasi@mail.ru

УДК 624

ЧУПИЧЕВ О.Б.

ВАРИАНТ УЧЕТА КОРРОЗИОННЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

В статье предложен вариант учета коррозионных повреждений железобетона. Простота способа заключается в том, что мы независимо определяем площадь утраченного сечения, затем отдельно вычисляем плечо этого усилия, относительно расчетной оси, чем исключаем необходимость интегрирования.

Ключевые слова: конструктивная безопасность, глубина повреждений.

In the paper an account choice of corrosive damages in reinforced concrete is offered. The simplicity of the way consists in that we define the square of a lost section independently and then separately define an arm of force with regard to the estimated axis due to which we exclude the necessity of integration.

Key words: constructive safety, depth of damages.

К числу наиболее актуальных проблем в строительной области относится проблема конструктивной безопасности. Для такого утверждения имеется как минимум три серьезных основания: повсеместное старение основных фондов, требующих восстановления функциональных возможностей с применением новых технологий; изменение климатических условий на ряде территорий в сторону увеличения температуры, что приводит к оттаиванию вечной мерзлоты с последующим снижением несущей способности оснований в северных районах; осложнение техногенной обстановки, вызывающей повышенное воздействие агрессивных сред на железобетонные конструкции, сопровождаемое повышенным числом отказов и аварий. Нельзя упускать из вида запредельные аварийные нагружения и умышленно террористические действия. Применительно к железобетону, который является наиболее распространенным строительным материалом, несмотря на значительное количество проведенных обследований, внесших большой вклад в решение проблем усиления и восстановление железобетонных конструкций, найти аналитические предложения по количественной оценке остаточного ресурса силового сопротивления железобетонных конструкций, выходящих за чисто эмпирические контуры или оценивающие процессы изменения свойств конструкции во времени, иначе как с помощью экспертных оценок не удастся.

Итак, количественные оценки силового сопротивления поврежденного железобетона.

В ряду других одним из альтернативных предложений по учету глубины повреждений является запись, предложенная В.М. Бондаренко:

$$\delta = \delta_0(1 - \ell^{-\alpha}), \quad (1)$$

где α и δ_0 – некоторые эмпирические характеристики скорости и предельной глубины повреждения. Приведенная выше формула относится к развитию коррозионных повреждений в материале лабораторного хранения. Вместе с тем эксплуатация материала при тех же условиях агрессора происходит в условиях силового нагружения в реальных конструкциях. С использованием предложения В.М. Бондаренко, построена функция влияния уровня сжатия на глубину проникновения, уточненная автором.

$$\delta = \sum_{i=0}^n a_i \left(\frac{\sigma}{R}\right)^i, \quad (2)$$

$n=3$ – т.е. принята кубическая аппроксимация.

Результатом проведенных исследований является введение количественного прогноза глубины повреждений, которое учитывает как исходные номинации бетона и агрессивной среды, так и уровень напряженно деформированного состояния. Для коррозии 2-го вида (кольматационная коррозия) автором предложены соотношения для вычисления глубины повреждения бетонных образцов, отражающие основные факторы влияния по отношению к призмной прочности. Механизм повреждения бетона представляется различными исследователями по-разному. Известны исследования Е.А. Гузеева (послойное ступенчатое повреждение), П.Г. Комохова (3-х зонная схема повреждений), В.И. Римшина (треугольная схема повреждений в переходной зоне) и наиболее оптимальная обобщенная схема В.М. Бондаренко, учитывающая монотонно энтропийные изменения повреждений по мере продвижения к поверхности нейтрализации с обязательным сопряжением кривой поверхности нейтрализации с поверхностью повреждения.

$$\sum W = 0; R_{s0}A_{s0} - R_0bx_0; x = \frac{R_{s0}A_{s0}}{R_0b};$$

$$M^0_{np} = R_0b \frac{x_0^2}{2} + \omega_s R_{s0}A_{s0} (h_0 - x_0);$$

(3)

$$R = kR_0;$$

$$K = \sum_{i=0}^{i=2} a_i y_i; \tag{4}$$

$$x = x_1 + \frac{2}{3} \delta \leq \xi_{Rh_0}. \tag{5}$$

Вычислительные предпосылки:

$$r_v = \frac{3}{2} \left(\frac{a_1}{3} \delta^2 + \frac{a_2}{4} \delta^3 \right); r_w = x_1 + \frac{1}{24} \delta; F_2 = \frac{2}{3} R_0 b \delta, \tag{6-8}$$

где F_2 – общая площадь утерянного сечения.

Отсюда утраченный впоследствии поврежденный момент:

$$M^* = R_0 b \delta \left(\frac{2}{3} x_1 + \frac{1}{36} \delta \right); \tag{9}$$

$$M^{0c}_{np} = M^0_{np} - M^*;$$

$$M^{0c}_{np} = \left[R_0 b \frac{x_0^2}{2} + R_{s0} A_{s0} (h_0 - x_0) \right] - R_0 b \delta \left(\frac{2}{3} x_1 + \frac{1}{36} \delta \right). \tag{10}$$

Простота предложенного способа заключается в том, что мы независимо определяем площадь утерянного сечения F_2 , затем отдельно вычисляем плечо этого усилия, относительно расчетной оси, чем исключаем необходимость интегрирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бондаренко, В.М. Развитие инженерных методов расчета силового сопротивления железобетонных конструкций, ослабленных коррозионными повреждениями [Текст] / В.М. Бондаренко, О.Б. Чупичев // Вестник РААСН. Строительные науки. – М., 1998.
2. Бондаренко, В.М. О влиянии коррозионных повреждений на силовое сопротивление железобетонных балок [Текст] / В.М. Бондаренко, В.Г. Назаренко, О.Б. Чупичев // Бетон и железобетон. – 1999. – №6.
3. Бондаренко, В.М. Износ, повреждения и безопасность железобетонных конструкций / В.М. Бондаренко, А.В. Боровских – М., 2000.

Чупичев О.Б.

Московская государственная академия коммунального хозяйства и строительства, г. Москва
Кандидат технических наук, доцент

УДК 504.61

ВОРОБЬЕВ С.А., ПОЗДНЯКОВ А.Л., КОЗЛОВ Д.З.

МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ С ПОЗИЦИИ КОНЦЕПЦИИ БИОСФЕРНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ НА ПРИМЕРЕ ПАРКОВЫХ ЛАНДШАФТОВ Г. ОРЛА²

В статье рассматриваются вопросы мониторинга состояния окружающей среды в парковых ландшафтах г. Орла с позиции концепции биосферной совместимости. Вычислены показатели биосферной совместимости для парковых ландшафтов.

Ключевые слова: концепция биосферной совместимости, показатель биосферной совместимости, мониторинг окружающей среды.

The article deals with the monitoring of the environment in the parkland of the Oryol from the standpoint of the concept of biosphere compatibility. Calculate indicators of biospheric compatibility for parkland.

Keywords: biosphere concept of compatibility, the biosphere compatibility, environmental monitoring.

Современное развитие городов невозможно без концентрации на ограниченной территории населения, промышленности и транспорта, при этом загрязнение окружающей среды достигает таких размеров, при которых существующая система экологического нормирования качества городской экосистемы не может в полном объеме выполнять свою функцию поддержания баланса биосферы и техносферы. Положительный эффект поддержания выбросов загрязняющих веществ на уровне ПДК нивелируется увеличением количества источников загрязнения, их концентрацией на ограниченной территории и кумулятивным эффектом воздействия поллютантов на здоровье человека. Таким образом, назрела необходимость в новой концепции экологического нормирования качества и мониторинга городской среды.

В этой связи представляет интерес анализ концепции биосферной совместимости городов и поселений, предложенной И.А. Малмыгиным и В.А. Ильичевым [1]. Согласно этой концепции, вместо традиционных критериев и механизмов развития отраслей, построенных на теории расширенного экономического воспроизводства, предлагаются критерии и механизмы прогрессивного саморазвития регионов, базирующегося на обеспечении положительного баланса биосферы и техносферы. Другими словами, вместо расширенного экономического отраслевого воспроизводства предлагается концепция расширенного воспроизводства главной производительной силы – чистой (лишенной загрязнений) части биосферы. При этом рост новой производительной силы должен опережать рост материальных благ, а последний – естественный прирост населения.

Согласно концепции биосферной совместимости, одному техническому месту удовлетворения потребностей человека, созданному людьми (например, одно рабочее место), включающему продукцию и отходы, должна соответствовать единица биосферы, нейтрализующая отходы и загрязнения, возникающие в процессе производства [1].

Таким образом, для устойчивого бесконфликтного развития городской среды необходим баланс между техно- и биосферой, когда не угнетается способность последней к очище-

² Работа выполнена в рамках ГРАНТа РФФИ №09-08-13658.

нию и самовоспроизводству. Для количественной оценки баланса био- и техносферы целесообразно введение некоторого интегрального показателя единицы биосферы, который может складываться из нескольких составляющих: суммарные выбросы промышленности, баланс озелененной площади и промышленной зоны, эффективность введения в хозяйственный оборот новых технологий, интенсивность очищения окружающей среды зелеными рекреационными зонами различных видов и др.

Одним из элементов мониторинга состояния качества окружающей среды может быть показатель биосферной совместимости. Для его расчета как баланса био- и техносферы в качестве показателей загрязнений окружающей среды на данном этапе могут быть использованы традиционные и нормируемые сегодня величины промышленных выбросов в сравнении с ПДК, площади озеленения, интенсивность очищения окружающей среды различными рекреационными зонами и другие показатели оценки антропогенного воздействия на биосферу. Выполняя расчет загрязнения от каждого из источников и оценивая уровень способности к самовоспроизводству биосферы при существующих концентрациях поллютантов, можно определить интегральный показатель биосферной совместимости территории [2].

Уровни решения данной проблемы могут вибрировать, показатель биосферной совместимости можно рассчитывать на уровне районов и кварталов, вплоть до территории конкретного объекта, на втором этапе показатель можно вычислить для территории города, муниципального образования и на третьем этапе для территории отдельного региона (область, край, федеральный округ).

Численное значение показателя биосферной совместимости территории определяется следующим образом [3]:

$$\eta = \sum_n \sum_i (D_{in} \cdot \xi_{in}^* \cdot \Theta_{in} - A_{in} \cdot \gamma_{in} \cdot m_{in}), \quad (1)$$

где первое слагаемое в правой части представляет собой относительный показатель чистой (лишенной загрязнений) биосферы окружающей среды; второе слагаемое – относительный показатель загрязнений от техносферы с максимальными концентрациями, допускающими развитие (МКДР); D_{in} – отношение требуемой площади биосферы к площади рассчитываемой территории, необходимой для нейтрализации загрязнений от техносферы до уровня МКДР из расчета на i -е рабочее место в n -й функции города; ξ_{in}^* – коэффициент однородности биосферы, учитывающий различные интенсивности поллютантов; Θ_{in} – требуемое количество рабочих мест, загрязнение от которых на рассчитываемой территории может быть поглощено биосферой, по отношению к числу рабочих мест в зоне влияния i -го источника при реализации n -ой функции города; A_{in} – значение параметра загрязнений от i -го источника при реализации n -ой функции города, рассчитываемое для территории распространения загрязнений; γ_{in} – коэффициент приведения параметров загрязнений к одному источнику; m_{in} – относительное число рабочих мест, загрязнение от которых должно быть поглощено биосферой на рассчитываемой территории по отношению к общему числу рабочих мест в зоне влияния i -го источника при реализации n -й функции города.

Вычисление отношения требуемой площади биосферы к площади рассчитываемой территории участка микрорайона города или поселения, необходимой для нейтрализации загрязнений от техносферы до уровня МКДР (D_{in}) производится по формуле:

$$D_{in} = \{(V_{in} / \Theta_{in}) / k_{in}\} / S_{общ}, \quad (2)$$

где V_{in} – объем загрязнений от i -го источника при реализации n -й функции города, кг/год; k_{in} – количество загрязнителя утилизируемого 1 м² биосферы, кг/год; $S_{общ}$ – требуемая площадь рассчитываемого участка на одно рабочее место, (м²).

Значение параметра загрязнений от i -го источника при реализации n -й функции города (A_{in}) рассчитывается по формуле:

$$A_{in} = (S_{пол} / \Theta_{in}) / S_{общ}, \quad (3)$$

где $S_{пол}$ – площадь загрязнения от i -го поллютанта при реализации n -й функции города, м².

При положительном балансе био- и техносферы обеспечивается рост главной производительной силы и естественный прирост населения, в противном случае имеет место регрессивное развитие человека и территории.

В качестве примера использования показателя биосферной совместимости на первом уровне нами были исследованы парковые ландшафты, прилегающие к вузам г. Орла: ОГИЭТ, ОГАУ, ОГУ. Все исследуемые ландшафты характеризуются различной степенью антропогенной нагрузки, выраженной главным образом во влиянии выбросов автотранспорта от прилегающих рядом автодорог.

Автомобиль в среднем выбрасывает в год 200 кг CO, 60 кг NO, 2 кг SO₂ и т.д. Анализ проводился по наиболее легко контролируемому и занимающему наибольшую долю в структуре общих выбросов автотранспорта и остальных источников загрязнения поллютанту – CO. Так как 1 га насаждений потребляет CO 80 300 кг/год [5], то 1 м² аккумулирует 8,03 (кг/год)/м².

При расчете показателя биосферной совместимости для территории исходили из следующих условий: ОГУ – в среднем за сутки по ул. Комсомольской, на которой находится университет, проезжает около 1920 автомобилей в час, от которых поступает 384 000 кг/год CO, в главном корпусе находится 3 000 студентов и сотрудников, площадь озеленения составляет 21 103 м², площадь всей территории 51 488 м²; ОГИЭТ – за сутки по улице Полеской проезжает 1100 автомобилей в час, на территории института обучается 1 000 студентов и сотрудников, площадь озеленения составляет 9 028 м², площадь участка 21 293 м²; ОГАУ – по ул. Генерала Родина проходит 520 автомобилей в сутки, обучается 2 500 студентов, озеленение – 17 0539 м², общая площадь – 19 7086 м².

Для территории ОГУ получили следующие данные: отношение требуемой площади биосферы к площади рассчитываемой территории участка, необходимой для нейтрализации загрязнений от техносферы до уровня МКДР (D_{in}) нашли по формуле (2).

$$D_{i=1} = \{(V_{i=1} / \Theta_{i=1}) / k_{i=1}\} / S_{общ} = \{(384000 / 3000) / 8,03\} / 15,9 = 0,44.$$

Коэффициент однородности биосферы для учета различной интенсивности поглощения поллютантов при одном виде источников загрязнения $\xi_{i=1}^* = 1$. Относительное количество рабочих мест, загрязнение от которых должно быть поглощено биосферой на рассчитываемой территории по отношению к общему числу рабочих мест в зоне влияния i -го источника при реализации n -й функции города: $\Theta_{in} = 1$.

Значение параметра загрязнений от i -го источника при реализации n -й функции города (A_{in}) рассчитывается по формуле (3):

$$A_{i=1} = (S_{ноч} / \Theta_{i=1}) / S_{общ} = (51488 / 3000) / 15,9 = 0,24.$$

Коэффициент приведения параметров загрязнения к одному источнику $\gamma_{i=1} = 1$. Относительное число рабочих мест, загрязнение от которых должно быть поглощено биосферой на рассчитываемой территории по отношению к общему числу рабочих мест в зоне влияния i -го источника при реализации n -й функции города $m_{i=1} = 1$.

Относительное значение показателя биосферной совместимости для территории ОГУ согласно формуле (1) равно:

$$\eta = \sum_{n=1} \sum_{i=1} (D \cdot \xi^* \cdot \Theta - A \cdot \gamma \cdot m) = (0,44 \cdot 1 \cdot 1 - 0,24 \cdot 1 \cdot 1) = 0,2$$

Аналогично рассчитываем показатель биосферной совместимости для территории ОГИЭТ и ОГАУ, которые составили $\eta=0,1$ и $\eta=0,8$ соответственно.

Полученные значения показателя биосферной совместимости показывают, что относительно благоприятная экологическая обстановка наблюдается в парковой зоне ОГАУ, где наблюдается относительно небольшой антропогенный прессинг при значительной территории озеленения, которая поглощает выделяемые загрязнители. Значения $\eta=0,1$ и $\eta=0,2$ для ОГИЭТ и ОГУ указывает на неблагоприятное состояние окружающей среды, испытывающей значительное угнетение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ильичев, В.А. Потребности личности и функции города [Текст] / В.А. Ильичев. Доклад на пленарном заседании Международной научно-практической конференции. – Барнаул, 1999.

2. Ильичев, В.А. Динамика современных экологических вызовов и некоторые предложения по совершенствованию критериев развития человека с позиции архитектурно-градостроительного комплекса [Текст] / В.А. Ильичев, В.И. Колчунов, С.А. Воробьев, А.Л. Поздняков // Фундаментальные и прикладные исследования Российской академии архитектуры и строительства по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной деятельности в Российской Федерации. – Воронеж, 2007. – С. 112-125.

3. Ильичев, В.А. К построению критерия биосферной совместимости [Текст] / В.А. Ильичев, В.И. Колчунов, С.А. Воробьев, А.Л. Поздняков // Сборник работ к годовичному заседанию РААСН, 2009 г.

Воробьев С.А.

Орловский государственный технический университет, г. Орел

Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Городское строительство и хозяйство»

Тел. +7 (4862) 36-48-04

E-mail: vorser323@rambler.ru

Поздняков А.Л.

Орловский государственный технический университет, г. Орел

Старший преподаватель кафедры «Строительные конструкции и материалы»

E-mail: dekanov@bk.ru

Козлов Д.З.

Орловский государственный технический университет, г. Орел

Ассистент кафедры «Городское строительство и хозяйство»

E-mail: dimoktank@mail.ru

УДК 7.026.2

ЗАХАРОВА О.А., ЗАХАРОВ И.М., НЕДЕЛИН В.М.

К ВОПРОСУ ВОССОЗДАНИЯ ОРЛОВСКОГО КРЕМЛЯ ВТОРОЙ ПОЛОВИНЫ XVII ВЕКА

В статье авторами разработаны предложения по воссозданию Орловского Кремля и его эффективному использованию.

Ключевые слова: *воссоздание, культурное наследие, кремль, туризм.*

In article the authors developed the proposals to reconstruct of the Kremlin of Orel and it's effective use.

Key words: *reconstruction, cultural heritage, Kremlin, tourism.*

Памятники истории и культуры имеют большое значение для формирования системы духовных ценностей и единства нации. Проблема сохранения культурного наследия в настоящее время стоит особенно остро в связи с его постоянно ухудшающимся состоянием. Как сказал Лихачев: «Существование государства без культуры бессмысленно». В [2] авторами была предложена концепция воссоздания Орловского Кремля, как одного из наиболее важных сооружений, ныне утраченного.

Воссоздать Кремль необходимо на мысу при слиянии рек Оки и Орлика, где он и располагался до середины 18 века, иначе идея воссоздания лишается своего основного аргумента – возможности восстановления композиционных связей города. В авторской концепции предусматривается воссоздание поэтапно. На первоначальном этапе возможно восстановление части крепости, включающей в себя Главную башню, два прясла стены и завершающие башни (рисунок 1). Затем за счет средств от успешного функционирования этого объекта продолжится воссоздание всей крепостной стены. Завершающим этапом может быть восстановление наиболее значимых построек внутри Кремля (воеводские хоромы, Рождество-Богородичный собор).



Рисунок 1 – Проект воссоздания Орловского Кремля (первая этап)

К настоящему времени авторами разработаны объемно-планировочные решения и благоустройство территории первого этапа строительства (рисунок 2). Периметр крепостных

стен второго этапа строительства обозначается на участке мощением брусчаткой, устраиваются новые пешеходные дорожки для обеспечения удобного подхода к проектируемому сооружению и его осмотра, заменяется покрытие существующих дорожек с асфальтового на гравийное. Для увеличения архитектурной выразительности ансамбля проектируется дополнительное озеленение территории, а также архитектурное освещение Кремля, деревьев, газонов, дорожек.



с

Условные обозначения генплана

ю

проектируемый Кремль

проектируемые дорожки
(покрытие - гравий)

периметр стен
(покрытие - брусчатка)

существующие дорожки
(покрытие - асфальт)

часовня

пункт охраны

Рисунок 2 – Генеральный план первой очереди строительства Орловского Кремля

В современных рыночных условиях важным является привлечение денежных средств, необходимых для поддержки воссозданного Орловского Кремля в надлежащем состоянии. Одним из вариантов является мобилизация его экономического ресурса путем вовлечения Кремля в сферу туризма, который в настоящее время является одной из наиболее доходных и интенсивно развивающихся отраслей мирового хозяйства. По предварительным укрупненным подсчетам стоимость воссоздания Орловского Кремля составляет 35 млн. руб., период окупаемости за счет доходов от его функционирования составит 6,5 лет.

В соответствии с авторской концепцией архитектурно-планировочная структура Орловского Кремля включает 4 функциональные зоны (рисунок 3), а именно:

- мастерские народных художников (площадь – 247,6 м²);
- торговая зона (площадь – 50 м²);
- зона общественного питания (площадь – 100,3 м²);
- музейная зона (площадь – 362,1 м²);

В зоне мастерских народных художников предполагаются следующие помещения: гончарная мастерская $S=25,5$ м²; мастерская глиняной игрушки $S=29,3$ м²; мастерская резьбы по дереву $S=30$ м²; мастерская вышивки и кружевоплетения $S=40,9$ м²; мастерская народного костюма $S=28,5$ м²; мастерская народных инструментов $S=26,2$ м²; мастерская художников $S=67,2$ м².

циональных костюмах, а также смотровой площадки на Караульной Башне. Одной из побудительных причин кратковременных путешествий являются культурно-развлекательные мероприятия, поэтому очень важно сформировать календарь привлекательных для туристов мероприятий, проводимых в городе, делая основной акцент на местных традициях. Некоторые мероприятия можно сделать традиционными (например, фестиваль старинной музыки, конкурсы народных умельцев, ряд обрядовых праздников, литературные вечера, посвященные орловским поэтам и писателям, театральные встречи, костюмированные представления, различные конкурсы и т.д.). Они могут проводиться как в стенах Крепости под открытым небом, так и в помещениях Крепости. Важно, чтобы ни одно историческое событие, имевшее место в данной местности не осталось без внимания.

Культурно-туристическая территория на базе комплекса «Орловский Кремль» объединит вокруг себя достопримечательности меньшего масштаба, что позволит сделать регион более привлекательным для посещения и тем самым увеличит число желающих посетить эти места в выходные и праздничные дни, во время бизнес-поездки и т.п. Мобилизация экономического ресурса социально-культурных объектов – основа городской регенерации. Высокие эстетические качества и сохранность исторической среды обеспечат инвестиционную привлекательность города Орла, его реальную коммерческую ценность, а также станут залогом благосостояния горожан.

ЛИТЕРАТУРА

1. Неделин, В.М. Орел изначальный XVI-XVIII века. История. Архитектура. Жизнь и быт [Текст] / В.М. Неделин. – Орел: «Вешние воды», 2001. – 280 с.
2. Неделин, В.М. Концепция воссоздания Орловской крепости [Текст] / В.М. Неделин, Т.Н. Колесникова, О.А. Захарова, И.М. Захаров // Известия ОрелГТУ. Серия «Строительство. Транспорт». – Орел: ОрелГТУ, 2009. – №2/22. – С. 61-64.
3. Постановление Правительства Санкт-Петербурга от 1 ноября 2005 г. №1681 «О петербургской стратегии сохранения культурного наследия» [Текст].

Захарова О.А.

Орловский государственный технический университет, г. Орел
Ассистент кафедры «Архитектура»
Тел.: +7 (4862) 73-43-66

Захаров И.М.

Орловский государственный технический университет, г. Орел
Инженер-лаборант кафедры «Архитектура»
Тел.: +7 (4862) 73-43-66

Неделин В.М.

Орловский государственный технический университет, г. Орел
Доцент кафедры «Архитектура»
Тел.: +7 (4862) 73-43-66

УДК 625.71.8

НАДУТКИН В.А., КОРОБКО В.И., ТУРКОВ А.В.

О ПОИСКАХ ЛОКАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОБЛЕМ Г. ОРЛА В УСЛОВИЯХ БЮДЖЕТНОГО ДЕФИЦИТА

На основе анализа современного состояния дорожной сети г. Орла предлагается вернуть в эксплуатацию участок дороги по ул. Энергетиков и ул. Карьерной с переходом через р. Оку по мосту-плотине Орловской ТЭЦ.

Ключевые слова: мост, дорога, платный проезд, бюджет.

On the basis of a current state of a high system of a city of the Oryol it is offered to return in operation a road site along the street Energetikov and street Career with transition through the river Oka on the bridge-dam of the Oryol thermal power station.

Keywords: the bridge, road, paid journey, the budget.

Генеральным планом г. Орла предлагается решение одной из наиболее острых проблем города – транспортной, путем строительства новых автомобильных дорог и транспортных развязок для организации дублирующих направлений, выводящих потоки транспорта на окраины города.

В условиях, с одной стороны, долгосрочного бюджетного дефицита всех уровней, а, с другой стороны, непрекращающегося роста автомобильного транспорта в городе, становится актуальным поиск локальных решений, требующих минимальных бюджетных затрат с использованием существующей сети улиц и дорог города. При этом принимаемые решения по развитию транспортной инфраструктуры должны отвечать требованиям транспортной стратегии РФ, не противоречить генеральному плану города и вызвать интерес у состоятельных ведомств и предприятий, а также у населения [1, 2].

Одним из таких решений, отвечающим всем перечисленным условиям, может оказаться восстановление транспортных способностей на качественно более высоком уровне улиц Карьерной и Энергетиков, а также соединяющего их моста-плотины Орловской ТЭЦ с организацией по ним движения легкового и грузового транспорта на платной основе.

В 50-х – 60-х годах прошлого столетия по этим улицам осуществлялось двухполосное двухстороннее движение автомобильного транспорта всех видов, в том числе и автобусного. Вид моста-плотины Орловской ТЭЦ приведен на рисунке 1.

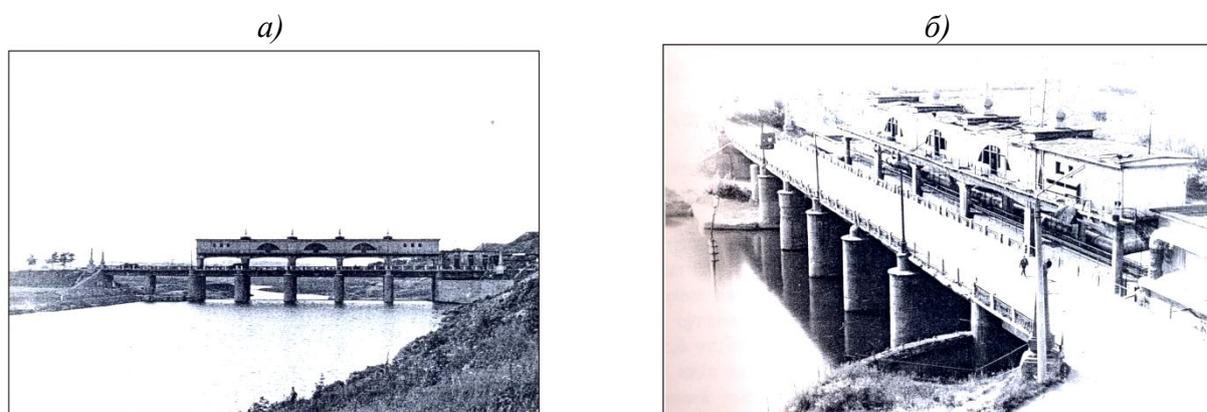


Рисунок 1 – Панорама моста-плотины (вид с верхнего бьефа) в 1966 году (а) и вид на мост-плотину Орловской ТЭЦ с улицы Энергетиков в 1989 году (б)

Фрагмент улично-дорожной сети г. Орла в районе моста-плотины Орловской ТЭЦ приведен на рисунке 2.

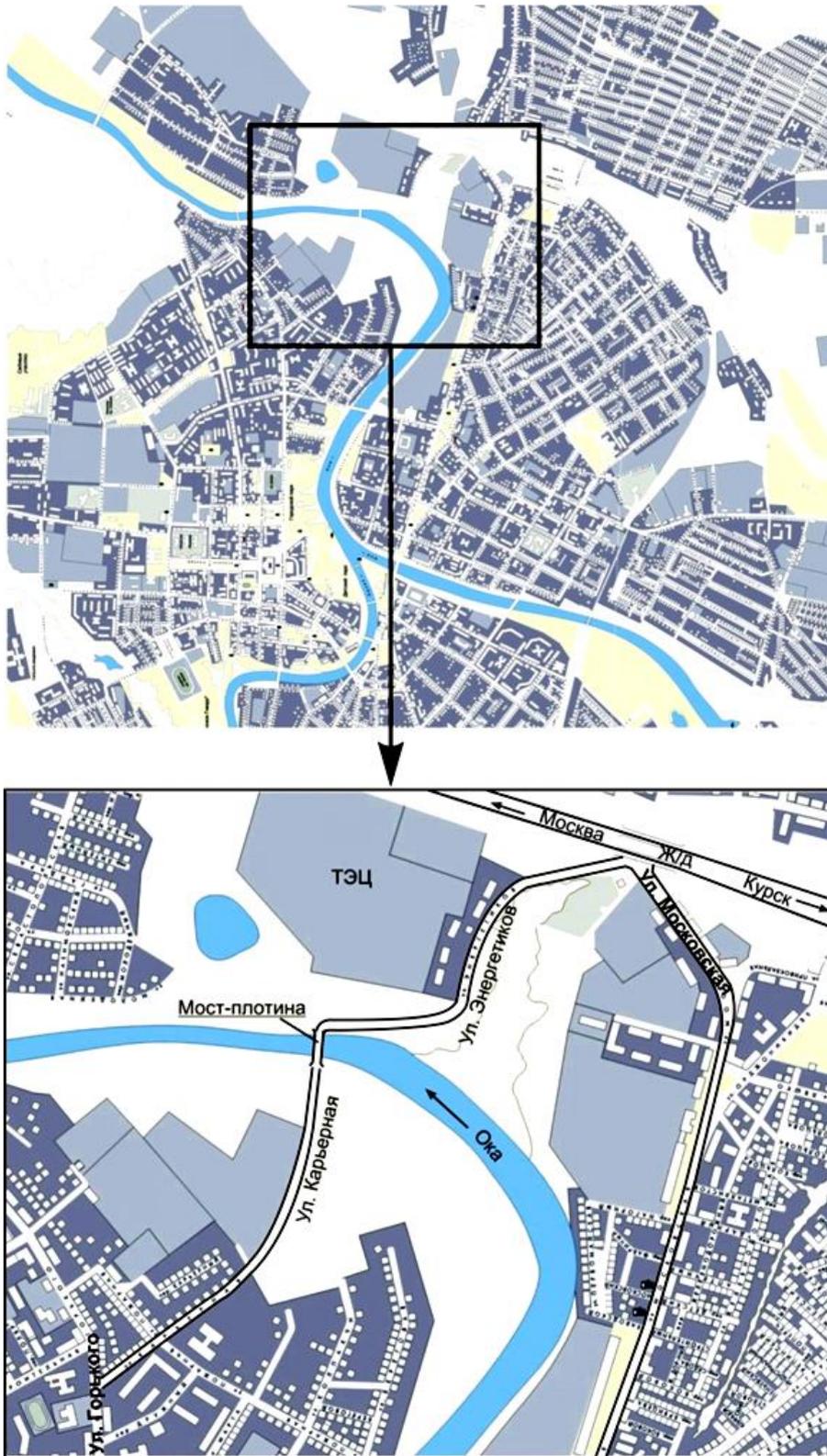


Рисунок 2 – Фрагмент улично-дорожной сети г. Орла в районе моста-плотины Орловской ТЭЦ

Мостов через реку Оку на улицах Герцена и Раздольной еще не было, также не было Тургеневского моста через реку Орлик и проезд через мост-плотину был единственным

круглогодично обеспеченным маршрутом, непосредственно связывающим Советский и Железнодорожный районы города. В летний период в створе улицы Герцена наводился понтонный мост через Оку, сезонно берущий на себя часть транспортной нагрузки.

С пуском в эксплуатацию Герценского и Тургеневского мостов и с учетом того, что автомобильного транспорта в городе было многократно меньше, чем в настоящее время, сквозное движение по улицам Карьерной и Энергетиков в 70-х годах было прекращено. В немалой степени этому способствовали следующие обстоятельства:

- во-первых, параметры улицы Энергетиков (продольный уклон и радиусы кривых в плане) вынуждали транспорт двигаться с невысокой скоростью;
- во-вторых, мост-плотина является режимным объектом, для которого пропуск городского транспорта имеет значение далеко не главное.

Пуск в эксплуатацию в начале 90-х годов моста через Оку в створе улицы Раздольной сделал автомобильное сообщение между Советским и Железнодорожным районами по мосту-плотине еще более ненужным.

В настоящее время названные причины и обстоятельства коренным образом изменились – скорость транспорта порой не превышает пешеходную, пробки на дорогах стали обычным явлением, а мост-плотина, потеряв транспортное значение и всё более утрачивая свои несущие способности и архитектурную привлекательность, может оказаться востребованным.

Результаты проведенной летом 2009 г. центром экспертизы промышленной безопасности ОрелГТУ научно-исследовательской работы по оценке технического состояния ключевого звена предлагаемого к восстановлению маршрута (моста-плотины) позволили утверждать, что в настоящее время еще технически возможно, экономически и социально целесообразно вернуть в дорожно-уличную сеть города один из важных теперь участков на качественно более высоком уровне.

Техническое состояние сооружения признано ограниченно работоспособным, его несущая способность за 55 лет эксплуатации снижена примерно на 25% и без проведения специальных ремонтных работ мост в нынешнем состоянии может быть использован лишь в чрезвычайных ситуациях. Срок службы несущих конструкций до перехода их в недопустимое состояние составляет по приближенным оценкам примерно 10 лет при контролируемом режиме с периодическим снижением грузоподъемности.

Мост может быть последовательно переведен в работоспособное и исправное техническое состояние, обеспечивающее пропуск современной нагрузки, путем проведения работ по ремонту и реконструкции (усилению несущих конструкций пролетных строений и уширению мостового полотна), выполняемых по специально разработанному проекту с поэтапными испытаниями и обязательным постоянным надзором за качеством строительства. В зависимости от объемов финансирования возможно управление нахождением моста в заданном техническом состоянии с осуществлением перехода в более высокое или контролируемый переход в более низкое.

При переводе моста после ремонта в работоспособное состояние с возвращением ему проектных параметров, несущей способности и грузоподъемности вероятный срок службы до нового наступления ограниченно работоспособного составит примерно 25 лет. А после проведения реконструкции моста можно будет удержать его в работоспособном состоянии при постоянном круглогодичном выполнении необходимых работ по содержанию около 50 лет [3].

Находясь на территории города на границе двух районов, являясь собственностью ОАО «ТГК-4» – Орловская региональная генерация» и оказавшись с большой вероятностью востребованным орловскими автомобилистами, мост может оказаться в уникальной ситуации, сложившейся во многом благодаря экономическому кризису, вызвавшему локальное совпадение интересов многих сторон. При грамотном технико-экономическом обосновании и хорошей организации возможно взаимовыгодное объединение финансовых возможностей государства (из субсидий на ремонт улично-дорожной сети), Орловской области и г. Орла, а также владельца моста-плотины – ОАО «ТГК-4». Возможно привлечение финансовых

средств заинтересованных предприятий, организаций и населения в лице автомобилистов, которые компенсируют затраты регионального и местного бюджетов посредством оплаты за проезд по будущему первому в городе платному участку улично-дорожной сети.

Кроме того, при принятии решения о реконструкции участка дороги возможно обеспечение постоянной занятостью части безработных Советского и Железнодорожного районов путем организации на всем протяжении платного участка (от перекрестка улицы Карьерной с улицей Горького до перекрестка улицы Энергетиков с улицей Московской) образцового круглогодичного (в зимний период – круглосуточного) содержания дороги и моста, значительно отличающегося от всех остальных улиц и дорог.

Вместе с тем создаётся прецедент – первый в городе платный участок автодороги, который может функционировать и на основе договора концессии.

В пользу решения о реконструкции участка дороги следует учесть и следующие обстоятельства: а) изменение устоявшегося мнения населения об обреченности езды по плохим дорогам и безальтернативности стояния в пробках в центре города; б) придание уверенности новой региональной власти в том, что и в управляемой ею Орловской области возможны творческие проявления.

В особом положении могут оказаться научные и инженерно-технические работники ОрелГТУ. Пользуясь правом авторов идеи, впервые высказанной в отчете ЦЭПБ ОрелГТУ, они могут претендовать на внеконкурсное право генерального проектирования и научное сопровождение всего инвестиционного процесса, чрезвычайно интересного как с инженерной точки зрения (кроме моста необходимо будет построить ряд сложных специальных сооружений по улице Энергетиков), так и в учебно-научной деятельности студентов и аспирантов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Качанов, Т.Б. Проблемы развития дорожной сети и перспективы внебюджетного финансирования дорожных работ [Текст] / Т.Б. Качанов. – С.-Пб.: Химиздат, 2005.

2. Об автомобильных дорогах и дорожной деятельности в РФ. Федеральный закон №257-ФЗ от 8.11.2007 г.

3. Концепция улучшения состояния мостовых сооружений на федеральной сети автомобильных дорог России (на период 2002-2010 г.) [Текст] / Росавтодор Министерства транспорта РФ. – М., 2003.

Надуткин В.А.

Орловский государственный технический университет, г. Орел
Доцент кафедры «Строительство автомобильных дорог»
Тел.: +7 (4862) 45-50-59
E-mail: van1901@mail.ru

Коробко В.И.

Орловский государственный технический университет, г. Орел
Доктор технических наук, профессор кафедры «Строительные конструкции и материалы»
Тел.: +7 (4862) 55-45-64
E-mail: vikor10@mail.ru

Турков А.В.

Орловский государственный технический университет, г. Орел
Доктор технических наук, профессор кафедры «Строительные конструкции и материалы»
Тел.: +7 (4862) 43-01-73
E-mail: antur@orel.ru

УДК 721.1

ПОЗНЯК С.В.

СОЦИАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ШКОЛЬНОГО ЗДАНИЯ В ПОСТИНДУСТРИАЛЬНОМ ОБЩЕСТВЕ

Сегодня наше общество находится в стадии перехода от индустриального уровня развития к постиндустриальному (информационному). При смене формации меняются запросы общества к образовательной системе, а, следовательно, и к школьным зданиям. Для того чтобы выяснить, в каком направлении будет развиваться педагогическая система и какие качественные изменения произойдут в структуре школьного здания, было проведено социологическое исследование среди учителей школ г. Самары. По результатам исследования сформулированы главные ожидания учителей от школьного здания.

Ключевые слова: *школьные здания, ожидания учителей.*

At this moment our society is in a state of transition from industrial level of evolution to post-industrial level. In this case requirements of society to educational system have been changing and requirements to school buildings have been changing as well. A sociological research was carried out between teachers of Samara's schools in order to find out direction of development of pedagogical system and qualitative changing of school building structure. According results of the research main teachers' expectations from a school building were formulated.

Keywords: *school buildings, teachers' expectations.*

Образование является важнейшим элементом общества. Этот институт всегда привлекал пристальное внимание в связи с высокой ролью в обществе, не только транслируя накопленные знания новому поколению, но и формируя личность, соответствующую данному обществу.

Обучение, являясь процессом трансляции накопленного человечеством знаний и культурных ценностей, не формирует человека вообще, оно создает человека для конкретного общества в соответствии с потребностями данного общества, осознающего цели его развития и служащего их реализации.

На каждом этапе исторического развития обществом формулировался некий идеал, которому подрастающее поколение должно соответствовать. Так, общество формирует запрос для образовательной системы, которая в соответствии с ним определяет педагогические приемы, после чего и вырабатывается материальная оболочка, наиболее соответствующая процессу обучения.

В течение нескольких последних столетий в педагогике господствовала классно-урочная система. Эта система сложилась в индустриальную эпоху и идеально соответствовала ее требованиям. Сейчас общество переходит в следующую стадию – постиндустриальную (информационную), которой будет соответствовать новая образовательная концепция, а, соответственно, и совершенно новые требования к школьным зданиям. Поэтому именно сейчас необходимо разработать модели школьных зданий, соответствующие изменившимся условиям.

Существующие на сегодняшний день типология, нормативы проектирования школьных зданий не позволят в полной мере развернуться учебному процессу. Действующие нормы проектирования, ориентированные лишь на фронтальный вид работ, не дают возможности применения экспериментальных программ.

В период индустриального бума во многих странах возникла необходимость быстрого насыщения рынка труда квалифицированной рабочей силой, способной управлять все более усложняющимися орудиями труда. В условиях стремительного развития производства, научно-технической революции задачей минимум являлась всеобщая ликвидация неграмотности населения, задачей максимум – обеспечение производства специалистами в короткие сроки.

В данных условиях обществом был сформулирован четкий заказ педагогической науке – найти способ передачи определенного набора знаний максимальному числу людей в минимальные сроки. «Книжно-фронтальная» образовательная система на тот момент была самой эффективной в плане массовости обучения. Коэффициент передачи знаний мог достигать до 20-50 учащихся на одного преподавателя.

Главная идея классно-урочной системы заключается в том, что определенное число учащихся учится в одно и то же время, в одном и том же месте одним и тем же вещам от одного и того же источника в течение нескольких часов в день. Способ обучения – пассивный (механическое запоминание информации).

Требования к образовательному процессу отразились в облике школьных зданий. Типовая классная комната рассчитана на линейное восприятие – прямоугольная форма в плане, ориентация класса на доску/учительский стол, расположенные у торцевой стены, ровные ряды столов учеников вдоль продольной стены. Та же логика конвейера диктовала и формирование планировки школьного здания. Здание школы разбивается на стандартные классные комнаты, соединенные коридором, служащим исключительно как средство коммуникации между классами. По коридору ученики попадают в классную комнату, получают от одного учителя новый объем информации, выходят в коридор, чтобы перейти в другой класс, чтобы воспринять следующий объем информации и т.д. Для лучшего управления всем процессом не только пространство разбивается на типовые ячейки, но и время обучения делится на четкие стандартные периоды – время для восприятия информации, времени перерыва на отдых.

В течение 19-20 веков школа постоянно эволюционировала, изменялись ее количественные характеристики. Сейчас настал этап качественных изменений, когда появляется новая структура образовательного учреждения.

Современное общество находится на грани перехода от индустриального уровня развития к постиндустриальному (информационному) уровню. На новой ступени развития общества формируются свои идеалы, появляются новые требования к образованию. Первой на изменения реагирует педагогика, формируя новые методы и приемы обучения, меняя и корректируя состав учебной программы. Рано или поздно должен наступить конфликт между запросом общества, инновационными педагогическими приемами с одной стороны и школьным зданием с другой стороны.

Сегодня многие преподаватели начинают сталкиваться с тем, что существующие школьные помещения не только не помогают, но иногда и препятствуют нормальному ходу занятий. Это является следствием того, что в обществе происходят коренные изменения, и учителя интуитивно откликаются на новые запросы к образованию. Материальная оболочка обладает большой инерцией и не поспевает за изменениями процессов внутри школы.

Ключом к пониманию того, каким должно быть образование на современном этапе может стать осмысление ситуации, сложившейся вокруг проблемы социального заказа. Социальный заказ, который сегодня стоит перед системой образования, можно сформулировать в самой общей форме – формирование инициативной, предприимчивой, самостоятельной личности, открытой для постоянного самообразования, готовой к инновациям и изменениям. Не учить мыслям, а учить мыслить – вот главная задача современной системы образования [1].

Для удовлетворения запросов современного общества должна выработаться новая педагогическая модель, которая заменит «классно-урочную».

Главная цель школы наступающей информационной эпохи – воспитать как можно больше людей инновационных, нестандартных. Отсюда появляется необходимость в многообразии программ, разнообразии номенклатуры заведений среднего образовательного звена. Как следствие, должно появиться разнообразие и усложнение функциональных составов школьных зданий и их структурной организации (главное – эффективность социальная).

Под влиянием изменений приоритетов в образовательном процессе существующая классно-урочная система постепенно начинает трансформироваться, к традиционным фронтальным занятиям добавляются новые формы проведения уроков. При появлении новых ме-

тодов обучения, кардинально отличающихся от методов с более чем вековой традицией, происходит неизбежный пересмотр проектирования школьного здания – функционального состава помещений, логики связей, изменение формы и значимости учебных классов и т.д. Важно знать, насколько данные изменения ощутимы в нашей российской школе и есть ли необходимость учитывать их при проектировании именно российской современной школы.

Переход от индустриальной системы к информационной осуществляется постепенно, на протяжении нескольких лет. В связи с этим постепенно меняются требования общества к образованию. И учителя, особенно нетиповых, уникальных школ, подсознательно улавливают эти изменения, пересматривая приемы и методики проведения занятий.

На сегодняшний день у преподавателей школ появляются новые способы проведения занятий, отличающиеся от традиционной классно-урочной системы. Следовательно, возможно появление противоречия между существующей формой (возможно размеров) классов и новаторскими способами построения занятий.

Для того чтобы понять процессы, проходящие в современной школе и узнать требования к школьному зданию педагогического состава школ был проведен анкетный опрос педагогического состава по разработанным авторским анкетам для учителей.

В исследование вошел опрос учителей двух образовательных учреждений – школы №156, расположенной в периферийной зоне г. Самары (пос. Мехзавод) и гимназии №11, расположенной в центральной части г. Самары.

Выбор двух полярных школ для проведения опроса не случаен. Согласно теории урбанизации, именно исторические центры крупных городов являются местом концентрации культурной деятельности. В них сосредотачиваются различные области деятельности и знаний, культурные ценности и т.д. Поскольку накопление уникальных культурных ценностей, в том числе и создание эффективной системы общения, требует длительного времени, определенной преемственности, то традиционно сложившиеся центры культуры как «фокусы» тяготения играют ведущую роль. Главными носителями городской культуры выступают районы крупных городских центров с их большим социально-культурным потенциалом. В этих районах, как показали исследования, повышение уровня образования и культуры наиболее интенсивно [2].

Городские центры как бы аккумулируют информацию, собирая ее для нового толчка вперед.

Таким образом, объекты, расположенные в центральных районах крупного и крупнейшего города, являются своего рода камертоном, улавливающими изменения в обществе и реагирующими на них. Школа, расположенная в центральном районе, более открыта для инноваций и острее чувствует потребность в изменениях.

При накоплении определенного количества информации происходит качественный скачок и начинается следующий процесс – трансляция культурного опыта из центра на ближайшие и периферийные территории. Аккумулированная энергия уже не сдерживается в центре, она стремится вырваться и распространиться все дальше и дальше. Происходит качественное изменение в потребностях, даже если это и не ощущается людьми явно.

Школа, расположенная в периферийных районах, также реагирует на изменения, но не так быстро как школа центрального района.

Учителям разных школ был предложен блок вопросов, посвященных соответствию классно-урочной системы современной школе. На вопрос: «Чувствуете ли Вы потребность в изменении формы проведения некоторых занятий?» положительно ответили 74% респондентов, отрицательно – всего 26%. Это говорит о том, что практически три четверти школьных учителей уже ощущают необходимость изменений.

Что касается стандартных классных комнат, то и они уже не вполне устраивают учителей. Более одной пятой ответивших (22,2%) заявили о несоответствии типовой прямоугольной планировки помещений методам проведения уроков. Это означает, что уже на данном этапе архитектору проектировщику необходимо учитывать новые тенденции и не обходиться

только стандартными классными комнатами при создании школы. Причем новые проекты необходимо создавать, только сотрудничая непосредственно с преподавателями.

С учетом того, что в ближайшие несколько лет (десятилетий) образовательный процесс в школе будет развиваться и корректироваться, необходимо предусматривать возможность проведения занятий как традиционного типа – фронтально ориентированных, так и нового типа. Следовательно, при проектировании необходимо предусмотреть возможность трансформации помещений. Структура учебных помещений в школе должна быть максимально мобильной, изменяемой. За изначальное внесение возможности трансформации помещений, позволяющих использовать их как для традиционных занятий, так и для занятий в новой, нестандартной форме, высказались 63,4% преподавателей. Характерно, что в проведении занятий в нестандартной форме заинтересованы преподаватели различных дисциплин.

В связи с тем, что потоковый фронтальный метод обучения постепенно теряет свою монополию, возможно частичное обращение к античной школе «индивидуального обучения» – обучением малыми группами на некоторых занятиях с преподавателем, или работа небольшой группы над проектом. Также возможен обратный подход – чтение лекции всему потоку. Для этого необходимо, чтобы школьное здание предоставляло обе возможности для преподавателей, не исключая при этом возможности обучения со стандартной группой в 25 человек. В целом, основными принципами новой школы должны стать мобильность, трансформация, вариантность.

Несколько вопросов в анкете также были посвящены происходящим изменениям в системе образования. Был задан вопрос о соответствии традиционной классно-урочной системы новым формам обучения. Из преподавателей школы №156 (периферийная школа) 37% ответили утвердительно. Категорично отвергают классно-урочную систему только 5% преподавателей. Однако 58% учителей не вполне довольны классно-урочной системой. Среди преподавателей гимназии №11 23,5% удовлетворены классно-урочной системой, но 76,5% учителей эта система не вполне устраивает.

Можно сделать вывод, что учителя в целом ощущают потребность в необходимости изменения традиционной формы обучения, особенно учителя гимназии, расположенной в центральной зоне.

Для преподавателей, которые отметили частичную или полную неудовлетворенность традиционной формой обучения, был предложен вопрос о том, что именно необходимо изменить. Было предложено шесть позиций и один открытый ответ.

Для преподавателей школы №156 в тройку самых необходимых изменений вошли: наличие в школе классов различных объемов (для занятий с потоком, с классом, с группой из 2-10 человек) – 38%; мобильное оборудование в классах, позволяющее перегруппировывать учеников во время занятия – 28%; возможность трансформации помещений – 14%.

Для преподавателей гимназии №11 тремя самыми необходимыми изменениями стали: возможность создания в школе классов различных объемов (для занятий с потоком, с классом, с группой из 2-10 человек) – 40%; обеспеченность мобильным оборудованием в классах, позволяющим перегруппировывать учеников во время занятия – 30%; наличие лекционных аудиторий – 10%.

Также в анкете №3 преподаватели оценивали признаки «современной школы», отмечая от 1 до 6 позиций из 10 предложенных.

Среди ответов преподавателей школы №156 позиция о мобильном оборудовании в классах, позволяющем по ходу урока пересаживать учеников в зависимости от поставленной преподавателем цели вышла на второе место по популярности ответов, набрав 17%.

Эта же позиция оказалась самой важной для преподавателей гимназии №11, набрав 16,7%. Пятое место заняла позиция наличия учебных классов с возможностью изменения их конфигурации для проведения различных занятий – 10,3%.

Результаты анкетирования учителей доказывают, что традиционная классно-урочная система претерпевает изменения. У преподавателей появляется потребность в проведении занятий другими, отличными от традиционных фронтальных средствами. Преподаватели

нуждаются в мобильном оборудовании, классах различных объемов для проведения занятий с различным числом учеников.

Это общие правила, актуальные в той или иной степени для каждой школы, при этом некоторые школы имеют свои особенности в зависимости от профиля и т.д., архитектору перед началом проектирования необходимо учитывать как общие требования, так и пожелания конкретного педагогического состава.

Поскольку школа является живым организмом, который непрерывно развивается, в анкете был предложен открытый вопрос, состоящий из трех составляющих: 1 – каких дополнительных функций не хватает современной школе; 2 – от каких функций целесообразно отказаться; 3 – что необходимо изменить в случае реконструкции конкретно вашей школы?

На первый вопрос были даны разнообразные варианты ответов, но самыми популярными оказались следующие позиции: интернет-зал открытого доступа; зимний сад; места отдыха для учителей, особенно начальной школы; игровых комнат для младших классов; мест для тихого отдыха учеников.

На вопрос о том, какие функции устарели, был дан практически единогласный ответ, что ни от чего отказываться нельзя. Учителя отвечали эмоционально и даже аргументировали свои ответы.

На вопрос о том, что хотелось бы изменить в собственной школе, многие жаловались на недостаток помещений под различные цели, темные коридоры и недостаток естественного освещения. Многие отмечали эстетические недостатки интерьеров и высказывали пожелания участия в разработке проектов школьных зданий профессиональных дизайнеров и декораторов.

Вопросы о том, что входит в понятие «современная школа» были включены в анкеты, разработанные для учителей гимназии №11 и школы №156.

В анкете также был задан вопрос о модели идеальной школы. Так как вопрос о расширении информационной зоны и открытого доступа к интернету был однозначно раскрыт уже на стадии разведывательной анкеты, этот вопрос не был включен в перечень признаков современной школы.

Для определения представления «школы будущего» для учителей школ были предложены 10 позиций и один открытый вариант ответа.

Отметить можно было несколько позиций, но не более шести.

Предполагалось, что для преподавателей наиболее актуальными окажутся вопросы, затрагивающие учебный процесс. И действительно, самыми значительными показателями современной школы для учителей гимназии №11 стали:

1. Наличие мобильного оборудования в классах, позволяющего по ходу урока пересаживать учеников в зависимости от поставленной преподавателем цели (16,7%).
2. Наличие помещений для внешкольных занятий (12,9%).
3. Наличие в рекреациях комфортных островков для тихого отдыха небольшими группами (12,7%).
4. Наличие удобно организованной планировки школьного здания, позволяющей легко ориентироваться в пространстве (11,5%).
5. Наличие учебных классов с возможностью изменения их конфигурации для проведения различных занятий (10,3%).
6. Наличие резервных помещений – (9%).

Ответы учителей школы №156 во многом схожи с ответами преподавателей гимназии.

Лидирующие позиции заняли те же самые признаки современной школы, что и в ответах учителей 11-й гимназии. Результаты опроса учителей №156 школы распределились следующим образом:

1. Наличие помещений для внешкольных занятий и кружковой работы (19,3%).
2. Наличие мобильного оборудования в классах, позволяющего по ходу урока пересаживать учеников в зависимости от поставленной преподавателем цели (17%).
3. Наличие резервных помещений (13,6%).

4. Наличие в рекреациях комфортных островков для тихого отдыха небольшими группами (12,5%).

5. Удобно организованной планировки, позволяющей свободно ориентироваться в пространстве (10,2%).

6. Наличие помещений для группы продленного дня (10,2%).

Таким образом, можно сделать вывод, что и для учителей гимназии №11 и для учителей школы №156 главными признаками современной школы являются: 1 – мобильность (возможность трансформации), 2 – возможность внеучебного развития школьников, 3 – обеспечение комфортом и 4 – логичная, легко читаемая планировка.

В информационном обществе актуальным становится вопрос возможности трансформации и мобильности. По результатам опроса учителей самыми важными признаками современной школы они считают именно возможность трансформации учебного пространства и наличие мобильного оборудования в классах. За возможность трансформации учебных помещений во время занятий высказались 63,4% учителей.

Класно-урочная система постепенно сменяется новой педагогической системой, 74% опрошенных учителей чувствуют потребность в изменении проведении формы уроков, 22% учителей уже не удовлетворены стандартной прямоугольной формой класса.

Результаты анкетирования доказали, что многие учителя школ уже не вполне удовлетворены существующими стандартными прямоугольными классами одинаковых объемов. Поэтому типовой прямоугольный класс фронтальной ориентации уже не является единственно возможной составляющей при проектировании школы. Существующая класно-урочная система постепенно уходит, сменяясь новой педагогической системой.

Предложение о проектировании трансформируемых помещений для занятий нашло широкую поддержку со стороны учителей. Для проведения некоторых занятий есть необходимость объединения нескольких учебных классов, с другой стороны, необходимость выполнения части заданий небольшими группами учеников. Изначально предусмотренная трансформация дает учителям большую возможность вариативности собственных уроков, объединений разных групп учеников и наоборот, разделения их на небольшие группы в процессе занятий. В связи с этим для проведения полноценных занятий необходимы учебные кабинеты то большей, то меньшей вместимости. В школе можно изначально запроектировать классы различного объема, но процесс обучения становится все более гибким и мобильным, и все более гибким и мобильным должно стать учебное пространство. Учебные классы (не все, но некоторая часть) должны иметь возможность объединения нескольких классов в один, и наоборот, разделения одного класса на несколько самостоятельных частей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильева, В.Н. Формирование экологического мышления в процессе образования [Текст] / В.Н. Васильева // Сборник материалов конференции. Серия "Symposium". – СПб., 2003. – выпуск 29. – С. 273-287.

2. Коган, Л.Б. Урбанизация и некоторые вопросы городской культуры [Текст] / Л.Б. Коган // Сборник статей: «Урбанизация, научно-техническая революция и рабочий класс». – М., 1972.

Позняк С.В.

Самарский государственный архитектурно-строительный университет, г. Самара

Аспирант

Тел.: +7 (846) 951-16-42

E-mail: svvikt@mail.ru

УДК 504.064(1-21)

ФЕДОСОВА С.И.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ЭЛЕМЕНТОВ БЛАГОУСТРОЙСТВА ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

Статья посвящена вопросам формирования безопасной городской окружающей среды с точки зрения видеоэкологии.

Ключевые слова: благоустройство, видеоэкология, городская территория.

The paper is devoted to the problems of formation of safety urban environment from the viewpoint of video-ecology.

Keywords: accomplishment, video ecology, city territory.

Неоспоримым является тот факт, что визуальная составляющая окружающей среды города оказывает сильное воздействие на физиологическое и психологическое состояние человека. С ростом городов и развитием строительной индустрии, направленной на создание комфортной для человека среды, все больше возникает экологических проблем загрязнения визуальной среды.

Научным исследованием негативного влияния видимой среды на человека несколько лет занимался д.б.н. В.А.Филин, создавший Московский центр «Видеоэкология». В.А. Филин выделяет два типа визуальных полей: агрессивное, когда «человек одновременно видит большое число одинаковых элементов» и гомогенное поле, на котором «либо совсем отсутствуют видимые элементы, либо число их резко снижено» [2].

Исследования В.А. Филина показывают, что существует реальная угроза таким физиологическим механизмам зрения, как автоматия саккад, бинокулярный аппарат, on- и off-системы, аппарат аккомодации и т.п., которые не могут полноценно работать в агрессивной и гомогенной средах. Помимо этого неблагоприятная визуальная среда влечет за собой немало социальных последствий (психические заболевания, близорукость, агрессивность человечества) [2].

Региональным центром «Экология визуальной среды» были продолжены исследования в этой области. В результате удалось разработать количественные методы оценки агрессивности и гомогенности визуальных полей в городе. Материалы исследований вертикальных агрессивных полей публиковались ранее, поэтому в данной статье остановимся на алгоритме оценки проведения оценки горизонтальных плоскостей, представленных в городской среде тротуарами, дорожным покрытием, плоскими кровлями.

Суть метода оценки степени агрессивности заключается в том, что на фотоизображение исследуемого объекта накладывается сетка и определяется коэффициент агрессивности, значение которого зависит от общего количества ячеек сетки и от числа ячеек, в которых более двух одинаковых видимых элементов. Данные параметры основываются на результатах исследований В.А. Филина, согласно которым при фиксации глазом в области ясного видения, равной 2° , более двух одинаковых объектов человек испытывает затруднения [2].

Коэффициент агрессивности визуальной среды K_{agr} определяется по формуле:

$$K_{agr} = H_n / \sum H, \quad (1)$$

где H_n – количество ячеек, в которых более двух одинаковых видимых объектов; $\sum H$ – общее количество ячеек [2].

Предварительно найдем количество ячеек разбивочной сетки по ширине N_β и по длине N_l . Количество ячеек найдем через углы обзора по ширине α и по длине β в градусах, т.е.:

$$N_\beta = \alpha / \varphi; \quad (2)$$

$$Nl = \beta/\varphi. \quad (3)$$

Можно выделить два наиболее часто встречаемых варианта взаимного расположения исследуемой горизонтальной поверхности и наблюдателя:

- когда наблюдатель находится на исследуемой поверхности, как показано на рисунке 1, а, например, стоит на тротуаре с плиточным покрытием. Показатель агрессивности в данной ситуации особенно важен, учитывая, что человек при движении более 30% времени смотрит себе под ноги [3];

- когда наблюдатель воспринимает плоскость со стороны с более высокого уровня, например, при восприятии плоскости кровли с более высоких отметок, как показано на рисунке 1, б.

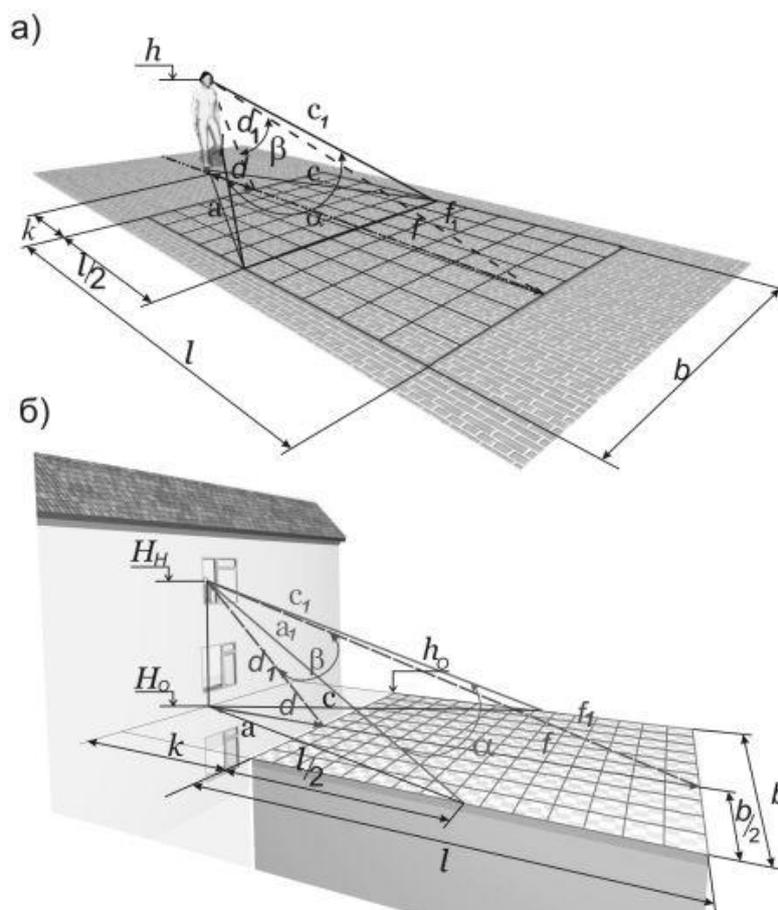


Рисунок 1 – Расчетные схемы определения коэффициента агрессивности горизонтальных плоскостей: а – наблюдатель стоит на исследуемой поверхности; б – наблюдатель и исследуемая плоскость находятся на разных высотных уровнях

Угол обзора по ширине α (град.), исходя из расчетной схемы на рисунке 1, и математических соотношений, можно определить из следующего выражения:

$$\alpha = \arccos \frac{2h^2 + a^2 + c^2 - b^2}{2\sqrt{(h^2 + a^2)(h^2 + c^2)}}, \quad (4)$$

где h – высота уровня глаз наблюдателя по отношению к исследуемой поверхности, м; a и c – горизонтальные проложения крайних лучей угла обзора по ширине исследуемой плоскости в створе, проходящем через центр плоскости и параллельно ее короткой стороне, м; b – ширина исследуемой поверхности, м.

Значения a , c , b получаем в ходе натурных промеров. За высоту уровня глаз следует принимать значение, соответствующее человеку, производившему фотофиксацию объекта.

Уровень глаз наблюдателя для случая, когда наблюдатель и исследуемая плоскость находятся на разных высотных отметках, следует определять из выражения:

$$h = H_n - H_o, \tag{5}$$

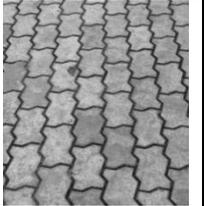
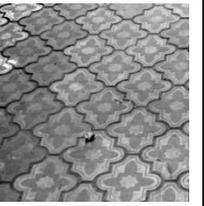
где H_n – высотная отметка уровня глаз наблюдателя, м; H_o – высотная отметка уровня исследуемой поверхности, м. Угол обзора плоскости по длине β (град.) определяем по формуле:

$$\beta = \arccos \frac{2h^2 + d^2 + f^2 - l^2}{2\sqrt{(h^2 + d^2)(h^2 + f^2)}}, \tag{6}$$

где h – высота уровня глаз наблюдателя, м; l – длина исследуемой плоскости, м; d и f – горизонтальные проложения крайних лучей угла обзора исследуемой плоскости по длине в створе, проходящем через центр плоскости параллельно ее длинной стороне, м. Эти значения определяются в ходе натурных промеров или по картографическим материалам.

Исследования показали, что применяемые в городе типы тротуарных покрытий в большинстве случаев носят агрессивный характер. Коэффициент агрессивности варьируется от 1 до 0,1. Максимальные значения имеют варианты с одинаковой по форме, размеру и цветовому решению плиткой. Минимальные значения характерны для вариантов мощения, основанных на разнообразных (по цвету, форме и размеру) комбинациях плиток, и особенно для плитки усложненной формы. Некоторые варианты исследованных типов тротуарного покрытия и полученные значения коэффициентов агрессивности приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Коэффициенты агрессивности вариантов тротуарного мощения

Тип тротуарного покрытия					
Кагр	1	1	0,42	0,26	0,21

ЛИТЕРАТУРА

1. Филин, В.А. Видеоэкология. Что для глаза хорошо, а что – плохо [Текст] / В.А, Филин. – М.: Московский Центр «Видеоэкология», 2001. – 312 с.
2. Городков, А.В. Совершенствование методики исследования и оценки городской визуальной среды [Текст] / А.В. Городков, С.И. Федосова // Изв. вузов. Строительство. – М., 2007. – №8. – С. 101-108.
3. Повышение эстетических качеств пространственной среды центров малых городов средствами архитектурно-ландшафтного благоустройства// Архитектура. Районная планировка. Градостроительство: обзор. информац./ ЦНТИ по гражданскому строительству и архитектуре. – 1987. – Вып. 10. – С. 14-27.

Федосова С.И.

Брянский областной центр историко-культурного наследия, г. Брянск
 Начальник отдела ГУК «Брянский областной центр историко-культурного наследия»

УДК 625.855:620.9.004.18

МЕЛИХОВ О.О.

МИНИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГОЗАТРАТ ПРИ ОБЕЗВОЖИВАНИИ БИТУМА НА АБЗ

В статье обосновывается высокая энергоемкость обезвоживания битума в котлах на АБЗ и предлагается минимизация энергозатрат за счет внедрения наземных битумохранилищ с СВЧ – обезвоживанием.

Ключевые слова: энергозатраты, битум, обезвоживание, СВЧ-энергия, битумохранилище, асфальтобетонный завод.

In article proves significant power consumption in bitumen dehydration process in boilers on asphalt plants and is offered the power inputs minimization by uses the warehouse of bitumen on ground from the microwave - dehydration.

Keywords: power inputs, bitumen, dehydration, microwave-energy, warehouse of bitumen, asphalt plant.

Почти на каждом АБЗ России имеются битумохранилища. Запасы битума необходимы для обеспечения бесперебойной работы заводов в строительный сезон. Однако битум при хранении обводняется. В ямных битумохранилищах обводнение достигает 5-15% в основном за счет попадания в битум грунтовых и поверхностных ливневых вод. В наземных хранилищах битум тоже обводняется, но до 1-2% за счет конденсата пара при сливе битума из железнодорожных цистерн, а также конденсата влаги из воздуха при перепадах температур особенно в осенний, зимний и весенний периоды. Поэтому битум, взятый из хранилищ для приготовления асфальтобетонной смеси, необходимо обезвоживать.

Традиционно битум обезвоживают в битумоплавильных установках или котлах обезвоживания [1]. Битумоплавильные установки, предназначенные для обезвоживания битума в непрерывном режиме, являются дополнительно окислительными установками и в настоящее время на АБЗ не эксплуатируются. Их место заняли котлы обезвоживания, представляющие собой горизонтальные цилиндрические емкости объемом до 30 тонн, с жаровыми трубами или электронагревателями. Обезвоживание битума в котлах осуществляется циклически. Длительность цикла обезвоживания с увеличением процентного содержания влаги в битуме возрастает и при большой обводненности (10-15%) достигает 17-18 и более часов! Весь цикл обезвоживания нагреватели в котлах работают в непрерывном режиме, и температура битума постепенно увеличивается. Измерения температурных полей в котлах на АБЗ ДРСУ г. Каменск – Шахтинска и г. Азова показали, что выход паровых пузырьков из объема битума и их разрушение с выбросом пара в атмосферу начинается только при достижении битумом (БНД 60/90) температуры 110-115°C. При дальнейшем увеличении температуры выпаривание влаги из битума активизируется и продолжается до температуры 135-140°C!

Большая длительность и высокая температура процесса обезвоживания битума обуславливают значительные энергозатраты. Приблизительно оценить энергоемкость процесса обезвоживания в котле при различном процентном содержании влаги в битуме можно с использованием следующей методики:

1. Количество тепла на нагрев битума: $Q_{\sigma 1} = m_{\sigma} \cdot c_{\sigma} \cdot (t_k - t_n)$ (ккал),

где $m_6=20000$ кг – масса битума без влаги, которую необходимо получить в процессе обезвоживания; $c_6=0,45$ ккал/(кг·°C) – удельная теплоемкость битума; $t_k=135$ °C – конечная температура битума в котле обезвоживания; $t_n=95$ °C – начальная температура битума в котле обезвоживания.

2. Количество тепла на нагрев воды, находящейся в битуме:

$$Q_{61} = m_6 \cdot c_6 \cdot (t_k - t_n) \text{ (ккал)},$$

где $m_в$, кг – масса воды варьируется в пределах от 0,1% до 10% сверх массы битума m_6 ; $c_в=1,0$ ккал/(кг·°C) – удельная теплоемкость воды.

3. Количество тепла на испарение воды из битума:

$$Q_u = m_в \cdot r \text{ (ккал)},$$

где $r = 539$ ккал/кг – удельная теплота парообразования.

4. Количество тепла на компенсацию потерь в окружающую среду:

$$Q_{n1} = F_{пк} \cdot \alpha_1 \cdot (t_{нк} - t_{ср}) \cdot \tau_k \text{ (ккал)},$$

где $F_{пк}=60$ м² – площадь поверхности котла обезвоживания объемом 30 тонн; $\alpha_1=12,0$ ккал/(м²·час·°C) – коэффициент теплоотдачи от поверхности котла в атмосферу [2]; $t_{нк}=70$ °C – температура наружной поверхности котла обезвоживания при наличии теплоизоляции; $t_{ср}=20$ °C – средняя температура внешней среды; τ_k (час) – осредненное время обезвоживания битума в котле в зависимости от процентного содержания в нем влаги, на основе многочисленных натуральных испытаний и экспериментальных исследований на физической модели.

Суммарные затраты тепла на обезвоживание битума составят:

$$Q_k = Q_{61} + Q_{61} + Q_u + Q_{n1} \text{ (ккал)} \text{ или } P_{c1} = \frac{Q_k}{860} \text{ (кВт·час)}.$$

Данные расчетов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Расчет энергозатрат на обезвоживание битума в котле

W	%	0,1	0,3	0,5	0,7	1	2	3	5	7	10
m_6	кг	20000									
c_6	ккал/(кг·°C)	0,45									
t_n	°C	95									
t_k	°C	135									
Q_{61}	ккал	360000									
$m_в$	кг	20	60	100	140	200	400	600	1000	1400	2000
$c_в$	ккал/(кг·°C)	1									
$Q_{в1}$	ккал	800	2400	4000	5600	8000	16000	24000	40000	56000	80000
r	ккал/кг	539									
Q_u	ккал	10780	32340	53900	75460	107800	215600	323400	539000	754600	1078000
$F_{пк}$	м ²	60									
α_1	ккал/(м ² ·час·°C)	12									
$t_{нк}$	°C	70									
$t_{ср}$	°C	20									
τ_k	час	4,2	4,5	4,8	5,0	5,5	6,8	8,1	10,8	13,5	17,5
$Q_{п1}$	ккал	151200	162000	172800	180000	198000	244800	291600	388800	486000	630000
Q_k	ккал	522780	556740	590700	621060	673800	836400	999000	1327800	1656600	2148000
P_k	кВт·час	607,9	647,4	686,9	722,2	783,5	972,6	1161,6	1544,0	1926,3	2497,7

Из таблицы 1 следует, что при увеличении обводненности битума с 0,1% до 10% не только увеличиваются затраты тепла на разогрев и выпаривание влаги, но и существенно возрастают затраты тепла на компенсацию потерь в окружающую среду за счет увеличения продолжительности цикла обезвоживания. В целях уменьшения энергозатрат в первую очередь необходимо минимизировать попадание влаги в битум, что может быть достигнуто за счет внедрения на АБЗ России наземных битумохранилищ, в которых обводнение битума

обычно не превышает 1-2%. Однако при их заполнении битумом, по сравнению с ямными хранилищами, энергии расходуется существенно больше.

Следовательно, минимизировать энергозатраты при обезвоживании возможно только за счет применения более эффективных технологий обезвоживания битума. Поэтому разработка технологий и внедрение методов обезвоживания, реализующих данные технологии и позволяющих снизить энергозатраты, являются актуальными.

На наш взгляд одной из наиболее эффективных является низкотемпературная технология СВЧ-обезвоживания битума [3]. При этой технологии протекающий по лотку битум обезвоживается СВЧ-энергией в специальной установке, причем процесс обезвоживания непрерывный. Производительность СВЧ-установки обезвоживания составляет около 2 тонн в час.

Для приблизительной оценки эффективности обезвоживания в СВЧ-установке проведем расчет затрат тепла, для чего используем данные, соответствующие обезвоживанию битума в СВЧ-установке:

- температура битума на выходе СВЧ-установки не превышает $t_k=105^{\circ}\text{C}$;
- температура поверхности СВЧ-установки обезвоживания битума равна $t_{\text{пв}}=50^{\circ}\text{C}$, что достигается за счет снижения температуры обезвоживания;
- площадь поверхности СВЧ-установки обезвоживания меньше поверхности котла и составляет $F_{\text{пв}} = 10 \text{ м}^2$;
- $\alpha_2 = 8,0 \text{ ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{час} \cdot ^{\circ}\text{C})$ – коэффициент теплоотдачи от поверхности СВЧ-установки в атмосферу [2];
- время $\tau_{\text{СВЧ}}$ обезвоживания битума в СВЧ-установке зависит от объема обезвоживаемого битума и производительности установки и в нашем расчете изменяется от 10 до 11 часов.

Таблица 2 – Расчет энергозатрат на обезвоживание битума в СВЧ-установке

W	%	0,1	0,3	0,5	0,7	1	2	3	5	7	10
m_b	кг	20000									
c_b	ккал/(кг·°C)	0,45									
t_n	°C	95									
t_k	°C	105									
Q_{b2}	ккал	90000									
m_b	кг	20	60	100	140	200	400	600	1000	1400	2000
c_b	ккал/(кг·°C)	1									
Q_{b2}	ккал	200	600	1000	1400	2000	4000	6000	10000	14000	20000
r	ккал/кг	539									
Q_n	ккал	10780	32340	53900	75460	107800	215600	323400	539000	754600	1078000
$F_{\text{пв}}$	м ²	10									
α_2	ккал/(м ² ·час·°C)	8									
$t_{\text{пв}}$	°C	50									
$t_{\text{ср}}$	°C	20									
$\tau_{\text{СВЧ}}$	час	10,0	10,0	10,1	10,1	10,1	10,2	10,3	10,5	10,7	11,0
$Q_{\text{п2}}$	ккал	32000	32000	32320	32320	32320	32640	32960	33600	34240	35200
$Q_{\text{СВЧ}}$	ккал	132980	154940	177220	199180	232120	342240	452360	672600	892840	1223200
$P_{\text{СВЧ}}$	кВт·час	154,6	180,2	206,1	231,6	269,9	398,0	526,0	782,1	1038,2	1422,3

Обезвоживание при данных условиях достигается за счет особенностей воздействия СВЧ-энергии на обводненный битум. При этом СВЧ-энергия почти вся поглощается влагой, за счет чего происходит ее разогрев и испарение, тогда как нагрев битума происходит в основном за счет передачи ему тепла от водных включений.

Результаты расчета энергозатрат при СВЧ-обезвоживании приведены в таблице 2, из которой следует, что по сравнению с котлом при СВЧ-обезвоживании достигается значительное снижение энергозатрат за счет снижения температуры битума в процессе обезвоживания до 103-105°C и уменьшения площади поверхности СВЧ-установки. Как видно из зависимости отношений энергозатрат на обезвоживание битума в котле P_k при существующей технологии к энергозатратам на СВЧ-обезвоживание $P_{\text{СВЧ}}$ от процентного содержания влаги

в битуме W , наибольшее снижение энергозатрат достигается при СВЧ-обезвоживании битума с низкой обводненностью (рисунок 1). Например, при обезвоживании битума с содержанием влаги до 2% в СВЧ-установке возможно снизить энергозатраты более чем в 2,4 раза! Таким образом, наиболее целесообразная область применения СВЧ-установок это обезвоживание битума из наземных битумохранилищ [4].

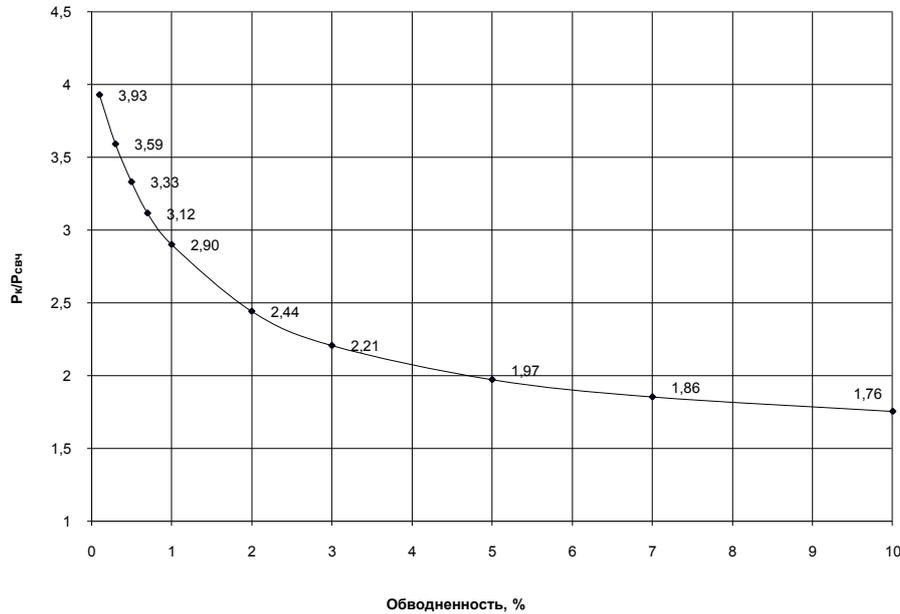


Рисунок 1 – Зависимость отношения энергозатрат на обезвоживание битума в котле к энергозатратам на СВЧ – обезвоживание от процентного содержания влаги в битуме

Данный подход предлагается в конструкции наземного битумохранилища [5, 6], приведенной на рисунке 2.

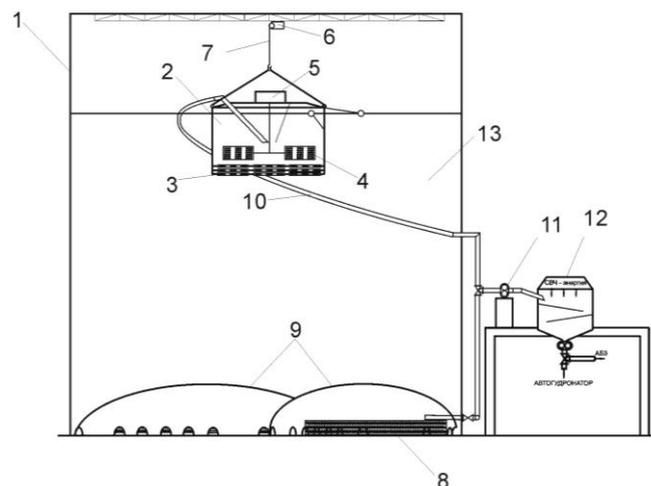


Рисунок 2 – Наземное битумохранилище: 1 – емкость битумохранилища; 2 – заборное устройство; 3 – неподвижные секции оребренных нагревателей; 4 – подвижные секции оребренных нагревателей; 5 – вибратор; 6 – таль; 7 – система подвеса; 8 – донные нагреватели; 9 – кожухи; 10 – гибкий подвесной обогреваемый битумопровод; 11 – битумный насос; 12 – СВЧ – установка; 13 – битум

В предлагаемом наземном битумохранилище разогрев и забор битума осуществляется в верхнем слое, в подвешенном на тали заборном устройстве, перемещающемся вертикально с уровнем битума. Разогревается битум в заборном устройстве вибрирующими секциями нагревателей, за счет чего время разогрева битума, локализованного корпусом устройства, уменьшается в 1,5-2 раза. При этом неподвижные секции орехбренных нагревателей служат для предварительного подогрева поступающего в заборное устройство битума. Разогретый в устройстве до температуры забора битум по гибкому подвесному обогреваемому битумопроводу перекачивается через СВЧ-установку, где происходит его непрерывное обезвоживание. Обезвоженный в потоке битум выдается потребителю.

Известно, что для обеспечения бесперебойной работы асфальтосмесительной установки производительностью 50 т/час в течение рабочего сезона (6 месяцев) необходимо обезвожить примерно 7 200 тонн битума. Обезвоживание данного количества битума с обводненностью 2% в СВЧ – установке позволит сэкономить 206 856 кВт·час электроэнергии, что в переводе в денежный эквивалент составляет более 600 000 рублей.

Таким образом, внедрение предлагаемого наземного битумохранилища обеспечит решение актуальной задачи в дорожном строительстве, т.е. позволит снизить энергозатраты на обезвоживание битума более чем в 2 раза, а также использовать битум непосредственно из хранилища, что исключит операцию его дальнейшего хранения на АБЗ в нагретом состоянии.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Андросов, А.А. Асфальтобетонные заводы [Текст] / А.А. Андросов, И.А. Засов, Г.Г. Зеличенок. – М.: Транспорт, 1986. – 273 с.
2. Методические рекомендации по нормированию расхода топлива для приготовления асфальтобетонной смеси [Текст]: под ред. И.А. Рубцовой. М.: СоюзДорНИИ, 1982. – 34 с.
3. Никулин Ю.Я., Кузнецов Н.В., Гутикова Л.И. Способ низкотемпературной подготовки битума [Текст]: пат. 2186168 Рос. Федерация. № 2000115507/03: заявл. 14.06.2000: опубл. 27.07.2002. Бюл. № 21. 6 с.
4. Никулин, Ю.Я. СВЧ-обезвоживание для наземных битумохранилищ [Текст] / Ю.Я. Никулин, О.О. Мелихов // Строительство – 2008: Материалы Международной научно-практической конференции. – Ростов-на-Дону: РГСУ, 2008. – С. 20-21.
5. Никулин Ю.Я., Мелихов О.О. Наземное битумохранилище [Текст]: пат. 77292 Рос. Федерация. № 2008124351/22: заявл. 16.06.2008: опубл. 20.10.2008. Бюл. № 29. 11 с.
6. Никулин, Ю.Я. Наземное битумохранилище с СВЧ-обезвоживанием [Текст] / Ю.Я. Никулин, О.О. Мелихов // Строительство – 2009: Материалы юбилейной Международной научно-практической конференции. – Ростов-на-Дону: РГСУ, 2009. – С. 46-47.

Мелихов О.О.

Ростовский государственный строительный университет, г. Ростов-на-Дону.

Аспирант кафедры «Автомобильные дороги и аэродромы» Дорожно-транспортного института

Тел.: +7 904 505 89 44.

E-mail: drmixx@hotmail.ru.

УДК 666.97.035.5

ПОДГОРНОВ Н.И., КОРОТЕЕВ Д.Д.

ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩИЕ И КОМБИНИРОВАННЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И УСТАНОВКИ ДЛЯ ТЕРМООБРАБОТКИ БЕТОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

Проводится анализ технических решений теплоаккумулирующих и комбинированных энергетических систем и установок для термообработки железобетонных изделий с использованием солнечной энергии, разработанных на предприятиях стройиндустрии в Российской Федерации и странах СНГ, и результатов экспериментальных исследований, полученных на них.

Ключевые слова: солнечная энергия, термообработка бетона, теплоаккумулирующие и комбинированные энергетические системы и установки, экспериментальные исследования, техническое решение.

There is held the analysis of constructive decisions of heat-accumulating and combined energetic systems and installations for thermo-processing of concrete elements with employment of solar energy, which were created at the factory of building industry in Russian Federation and countries SNG, and the results of experimental researches, which received on them.

Keywords: solar energy, thermo-processing of concrete, heat-accumulating and combined energetic systems and installations, experimental researches, constructive decision.

Процесс изготовления железобетонных изделий осуществляется в условиях непрерывного потребления теплоносителя, а поступление солнечной энергии носит нестационарный характер. Это противоречие разрешается путем аккумуляции лучистой энергии в теплоаккумулирующих материалах и применения комбинированных систем с дублирующим источником энергии.

Переставные гелиокамеры с аккумуляторами тепла

На рисунке 1 показана переставная экспериментальная гелиокамера с аккумуляторами тепла, которая прошла промышленные испытания на полигоне ЖБИ завода ОП «Сурхан» в г. Кум-Кургане.

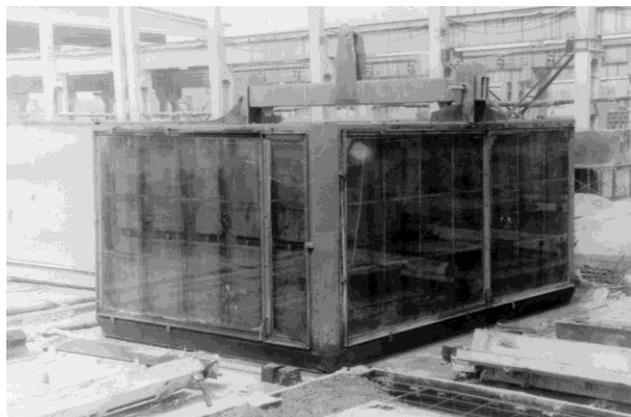


Рисунок 1 – Переставная гелиокамера с аккумуляторами тепла на полигоне в г. Кум-Кургане

На внешней стороне стен камеры размещают плоские емкости, наполненные парафином, температура плавления которого равна 56°C. На внешней стороне камеры крепят ме-

таллические переплеты с заполнением их прозрачным стеклом толщиной 6 мм. Гелиокамера в течение светового дня независимо от ориентации её на местности, времени формования бетонных изделий может аккумулировать солнечную энергию. После завершения всех технологических операций изготовления бетонных изделий их укладывают пакетом, на который устанавливают гелиокамеру с аккумуляторами тепла и с 17-18 час осуществляют термообработку бетонных изделий.

Энергетический расчет показал, что в камере можно производить термообработку плоских изделий, уложенных пакетом высотой до 2 м. Исследование температурного режима твердения бетона показало, что температура в изделиях увеличивается равномерно при общем перепаде её по высоте пакета на стадии нагрева не более 10°C. Переставная гелиокамера с аккумуляторами тепла прошла промышленные испытания при различных режимах термообработки бетона: комбинированном – нагрев паром до температуры 50-60°C и последующее твердение с использованием солнечной энергии; аккумулирование в дневное время солнечной энергии в парафине и термообработка бетонных изделий с 17 часов в течение 22 часов аккумулированной энергией; только солнечной энергией.

На Орском заводе ЖБИ прошла промышленные испытания комбинированная энергетическая установка с плоскими парафиновыми аккумуляторами, размещенными на внутренних её стенах. Крыша гелиокамеры выполнена из прозрачного органического стекла (рисунок 2).

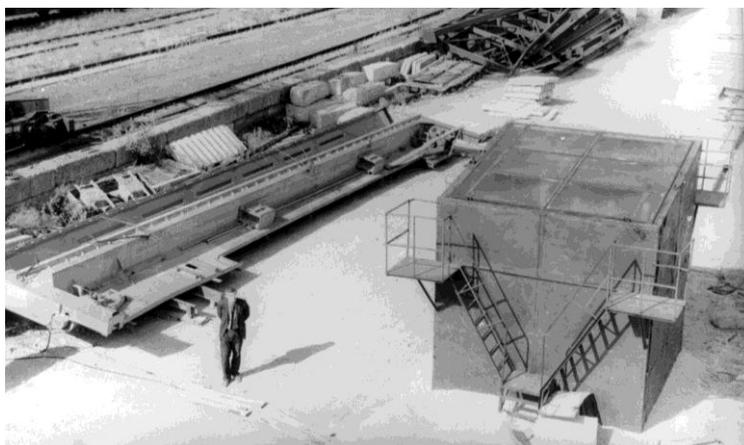


Рисунок 2 – Комбинированная энергетическая установка с плоскими парафиновыми аккумуляторами

Нагрев парафина в дневное время происходит солнечной энергией с термообработкой бетона в ночное время и поддержанием параметров изотермического выдерживания с помощью электрической энергии. Вторым вариантом эксплуатации установки является нагрев парафиновых аккумуляторов в ночное время электроэнергией, что экономически целесообразно. Ко времени восхода солнца завершают технологические процессы изготовления бетонных изделий, они размещаются в гелиокамере, где термообработку бетона осуществляют аккумулированной в ночное время электроэнергией, а солнечной энергией в дневное время. Процесс аккумулирования альтернативной и традиционной энергии происходит независимо от формования сборных железобетонных изделий. На предприятии должна быть определена технологическая последовательность и взаимодействие независимых друг от друга взаимноисключающих процессов. Весь цикл термообработки бетона в такой камере завершается в течение 22 часов [1].

Теплоаккумулирующие стенды и основания

Одним из путей повышения эффективности и расширения области использования солнечной энергии естественной плотности является наполнение энергии в теплоаккумулирующих стендах и основаниях с последующей передачей накопленного тепла твердеющему

бетону при термообработке сборных изделий в различных гелиотехнических установках, к числу которых относятся их ограждающие конструкции и основания опалубочных форм.

На рисунке 3 показаны схемы стенов, выполненных в виде площадки-аккумулятора, неподвижной матрицы-аккумулятора и пропарочной камеры неглубокого заложения.

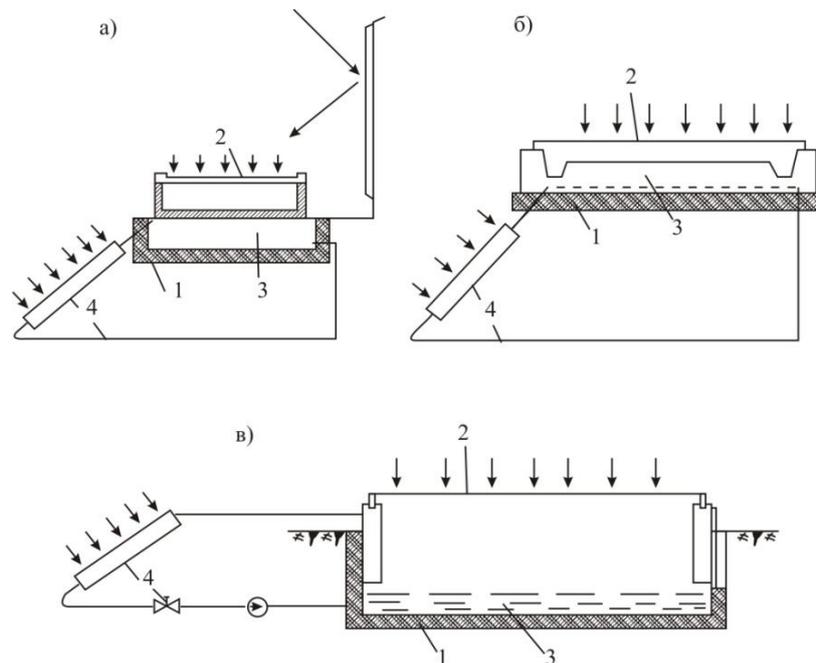


Рисунок 3 – Стенды для тепловой обработки бетона с использованием солнечной энергии: *а* – площадка-аккумулятор; *б* – неподвижная матрица-аккумулятор; *в* – камера неглубокого заложения с аккумуляторами теплоты; 1 – теплоизоляционное основание и стены; 2 – прозрачное ограждение; 3 – аккумулятор теплоты; 4 – одноконтурная гелиосистема нагрева теплоносителя

Стенды объединяются с одно- или двухконтурной системой нагрева жидких теплоаккумулирующих материалов и одновременно выполняющих роль тепловых агрегатов и аккумуляторов теплоты. На площадке-аккумуляторе тепловая обработка сборных изделий осуществляется по стендовой и поточно-агрегатной технологии. Изделия можно устанавливать непосредственно в опалубочных формах с инвентарными рамами или использовать площадку как днище опалубочной формы, устанавливая только бортовую опалубку и инвентарную раму. На площадках-аккумуляторах рационально изготовлять плоские плиты различной толщины. Высота теплоаккумулирующего слоя площадки 10-20 см при циркулировании жидкого теплоносителя через него и плоские коллекторы; 5-10 см – при прямом нагреве солнечной радиацией.

Стенд – неподвижная матрица – оснащен подогреваемым поддоном, имеющим вид ложементов под изделия конкретной номенклатуры или нестандартные сборные железобетонные конструкции. Поддон заполняется гравием, через который прокачивается жидкий теплоноситель, нагреваемый в коллекторах одно- или двухконтурной системы. Верхняя часть матрицы снабжается инвентарной рамой с заполнением из прозрачного материала.

Стенды с камерами неглубокого заложения предназначены для пакетного способа тепловой обработки; высота яруса – три-четыре плиты. Камеры эффективны для тонкостенных изделий толщиной 5-15 см. В индивидуальных формах с прозрачными покрытиями плоские плиты такой толщины быстро прогреваются и легко охлаждаются в вечернее и ночное время.

Универсальный теплоаккумулирующий гелиостенд, разработанный ВНИПИТеплопроектом, в наиболее простом исполнении представляет собой камеру из тяжелого бетона, перекрываемую двухслойной прозрачной крышкой [2]. По высоте камеру рассчитывают на

1-13 изделий в формах. Использовать аккумулирующую систему теплоемкостного типа на основе тяжелого бетона, по мнению авторов, более предпочтительно, чем аккумулирующие системы фазовых превращений и теплоемкостные аккумуляторы жидкостного типа.

Эффективная толщина аккумулирующих элементов гелиостенда установлена путем физического моделирования тепловых процессов на фрагменте бетонного массива толщиной 500 мм. При сравнении теплосодержания слоев толщиной 100 мм после прогрева и в момент окончания цикла выявили толщину активного слоя массива с учетом накопления и отдачи тепла.

После завершения цикла первый слой теряет 86% тепла, второй – 81%, третий – 64%, четвертый – 20%, а пятый получает дополнительно 50% тепла. Очевидно, что активными являются только первые три слоя общей толщиной 300 мм. В результате выполнен гелиостенд с бетонным днищем – аккумулятором толщиной 300 мм.

На рис. 4 приведена конструкция теплоаккумулирующего гелиостенда и показана схема работы его в период зарядки в светлое время суток (а) и разрядки при загрузке гелиоформы с изделием в гелиостенд для выдерживания в вечернее и ночное время (б).

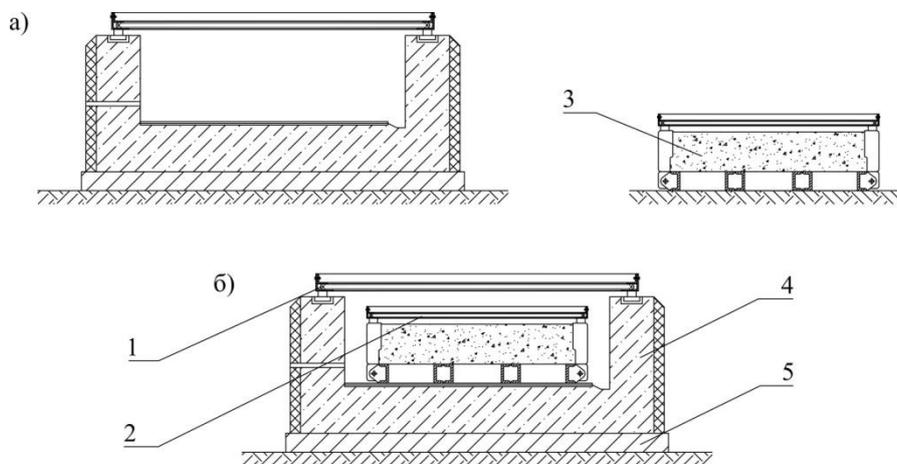


Рисунок 4 – Применение теплоаккумулирующих гелиостендов: а – рабочее положение стенда и гелиоформа с изделием в условиях солнечной радиации; б – то же, в вечерний и ночной периоды; 1 – прозрачное покрытие стенда; 2 – прозрачное покрытие опалубочной формы; 3 – изделие; 4 – теплоаккумулирующий гелиостенд; 5 – основание стенда из керамзитобетона

Особенность теплового режима твердеющего бетона в гелиоформе, помещаемой в гелиостенд, во многом зависит от массивности изделия, марки бетона и времени формирования изделия. Так, при формировании изделий в утренние часы до 12-13 часов дня, прогретые изделия помещают в стенд для повышения эффективности последующего термосного выдерживания бетона за счет более высоких значений его энтальпии. Это обстоятельство позволяет создавать благоприятные тепловые режимы твердения бетона при пониженных значениях потока солнечной радиации, характерных для весеннего и осеннего периодов.

В сентябре и, особенно в апреле нарушается режим прогрева бетона, и максимальная температура достигается в гелиоформе за более длительный период, чем в июле или июне. Если с этими параметрами прогрева гелиоформу с бетоном оставить ночью на открытой площадке, то бетон достаточно быстро охладится. Поэтому совмещение гелиоформы с нагретым за день теплоаккумулирующим стендом не только позволяет в осенне-весенний периоды обеспечить режим термосного выдерживания, но и зачастую компенсировать недостаточность количества градусо-часов в твердеющем бетоне после дневного прогрева.

Тепловая обработка изделий с использованием теплоаккумулирующих гелиостендов осуществляется на полигонах. Изделия, отформованные во вторую смену, укрывают прозрачными крышками и выдерживают на открытой площадке до снижения эффективного действия солнечной радиации. Затем формы с изделиями устанавливают в гелиостенды, которые

в течение светлого времени суток накапливали солнечную энергию вертикальными ограждениями и полом. Если изделия отформованы при отсутствии солнечной радиации, их укрывают в гелиостенде в штабеле без прокладок, то прозрачное покрытие сохраняют только на верхнем изделии. В гелиостендах изделия выдерживают до утра следующего дня, т.е. до начала эффективного действия солнечной радиации. В это время их извлекают из гелиостендов, устанавливая на открытой площадке. Изделия без прозрачных крышек укрывают и выдерживают до распалубки.

Отсутствуют данные трудозатрат по установке изделий на площадке, а затем размещение их в теплоаккумулирующем гелиостенде и извлечению их на площадку для распалубливания.

Для ряда железобетонных изделий, особенно тонкостенных, ВНИПИТеплопроект предложил в период интенсивного поступления солнечной радиации аккумулировать её в основаниях, в частности, в нижней части опалубочных форм, в качестве аккумулятора использовать парафин, бетон, воду (рисунок 5).

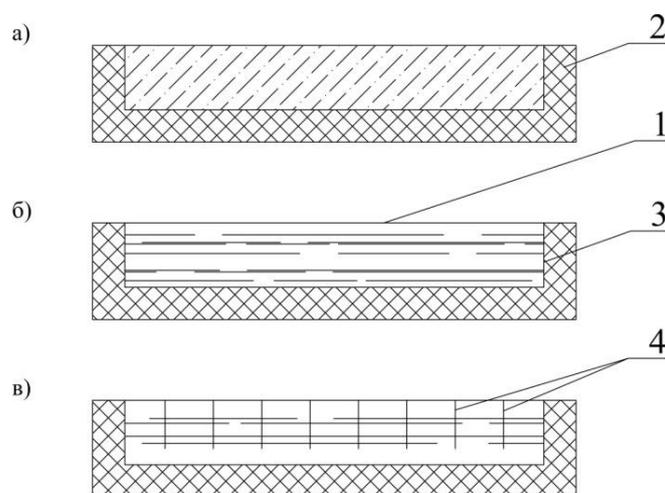


Рисунок 5 – Схемы бетонного (а), водяного (б) и парафинового (в) аккумуляторов; 1 – днище (палуба) формы; 2 – теплоизоляция; 3 – аккумулирующая емкость; 4 – теплопроводящие ребра

При проведении стендовых исследований толщина слоя у сменных теплоаккумулирующих оснований: у бетона – 5 см, воды – 2,5 см, парафина – 1,6 см. В первом случае это монолитный слой из тяжелого бетона, контактирующий с нижней поверхностью фрагмента палубы. При использовании воды и парафина применяют металлические емкости. С целью улучшения теплообменных характеристик парафиновый аккумулятор внутри имеет дополнительное стальное оребрение.

Вместе с тем сопоставление ряда технико-экономических показателей применения различных видов теплоаккумулирующих материалов свидетельствует о неоднозначности решений по их выбору. Некоторый прирост прочности твердеющего бетона (15-17%) при использовании парафина и воды сопряжен, однако с высокими первоначальными затратами на изготовление специальных емкостей и обеспечение их герметичности. Кроме того, несмотря на невысокую стоимость парафина, это дефицитный материал, широко используемый в других отраслях промышленности. Применение воды вызывает коррозионные процессы в стальных емкостях и приводит к снижению эксплуатационной надежности оснований. Использование же тяжелого бетона, несмотря на более низкие значения объемного теплосодержания в специфических условиях предприятий строительной индустрии, представляется предпочтительным, поскольку это надежный, конструкционный, технологичный и доступный материал.

При двухсторонней тепловой обработке бетона в качестве теплоаккумулирующего вещества для оснований опалубочных форм применяют парафиновый дистиллят. Максимальная температура нагрева парафинового дистиллята до начала укладки бетонной смеси в

форму составляла около 42°C, а средняя – 39,5°C. Максимальная температура нагрева бетона наблюдается через 5-6 часов после его укладки, затем она со скоростью 0,5-1°C/ч начинает снижаться и достигает к 9 часам утра 36-37°C при температуре наружного воздуха 16°C. Через 2-3 часа после укладки бетонной смеси в форму температура бетона выше, чем у парафинового дистиллята [3].

Авторы на территории ЖБИ г. Бахта Узбекистана проверяли возможность двухсторонней термообработки керамзитобетонных стеновых панелей аккумулятивной энергией, накопленной в воде, находящейся в тепловом отсеке нижней части опалубочной формы высотой 200 мм. Опалубка экспонировалась на открытой площадке до 14 часов, в результате поверхностный слой толщиной 7см воды нагревается до 35-40°C; нижележащие слои имели температуру 25-30°C. При укладке бетонной смеси в опалубочную форму и её уплотнении происходит перераспределение температурных градиентов по сечению аккумулятора и температура воды в поверхностном слое снижается до 27-30°C. В парафиновом аккумуляторе стабильность и равномерность температуры проявляется только в случае его нагрева промежуточным теплоносителем.

Следует отметить, что применение теплоаккумулирующих оснований требует индивидуальных конструктивных решений энергетических и теплофизических расчетов режима термообработки бетона, для конкретных изделий, а также теплоизоляции опалубочных форм, в которых они изготавливаются.

Стационарные комбинированные гелиокамеры

В работах [4, 5, 6, 7] приведены результаты исследований стационарных теплоаккумулирующих комбинированных гелиокамер, предназначенных для эксплуатации их в осенне-весенний, а также зимний период года в условиях поступления низкой плотности солнечной радиации. Отличительной чертой исследуемых камер является их конструктивная похожесть. Они состоят из бетонных стен и днища, выполняющих роль аккумулятора тепла, съемной двухслойной [5, 6, 7] или трехслойной [4] прозрачной крыши, устанавливаемой на стены. Лабораторные исследования термообработки в камерах бетонных изделий осуществляют при однорядной их загрузке (рисунок 6).

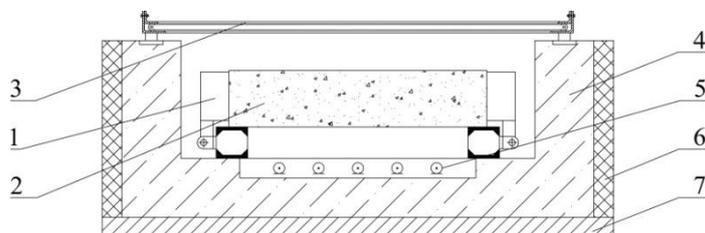


Рисунок 6 – Принципиальная схема стационарной теплоаккумулирующей комбинированной гелиокамеры: 1 – металлическая форма; 2 – железобетонное изделие; 3 – прозрачная крыша; 4 – теплоаккумулирующие стены и днище гелиокамеры; 5 – инфракрасные излучатели; 6 – теплоизоляция; 7 – нижний слой днища камеры из керамзитобетона

Под опалубочной формой размещают инфракрасные излучатели, выполняющие роль дублирующего источника энергии, с помощью которых преимущественно осуществляют термообработку бетона. В работе [5] установлено, суточная зрелость бетона, твердеющего в теплоаккумулирующей камере на 16-17% выше, чем у бетона, твердеющего под двухслойным прозрачным покрытием, на 20% выше, чем под пленкообразующим составом, на 78% больше, чем при влажностном уходе и на 56% выше, чем при твердении без ухода. Противоречивость сравнительных показателей свидетельствует о некорректности представленных экспериментальных исследований.

Энергетический расчет поступления солнечной радиации на бетонную поверхность для осенне-зимнего периода года не подтверждает оптимистических ожиданий авторов вы-

полненных исследований. Для географической широты 44° суточное поступление солнечной энергии составляет в ноябре $1,92$ и январе $1,04$ кВт·ч/м². Потери плотности потока солнечной радиации при прохождении через двухслойное прозрачное покрытие под углом падения луча 45° равны в ноябре $1,92 \times 0,62 = 1,19$; январе $1,04 \times 0,62 = 0,644$ кВт·ч/м²; для трехслойного прозрачного покрытия соответственно $1,92 \times 0,51 = 0,979$ и $1,04 \times 0,51 = 0,53$ кВт·ч/м².

Вследствие загрязнения пылью поверхности ограждения её прозрачность на 20% снижается и для двухслойного и трехслойного покрытия плотность потока солнечной радиации уменьшится на $1,92 \times 0,2 = 0,384$ и $1,04 \times 0,2 = 0,208$ кВт·ч/м².

Без учета теплопотерь через неплотности в ограждении снижение плотности потока солнечной радиации составит для двухслойного покрытия в ноябре $1,19 + 0,384 = 1,574$; январе $0,644 + 0,208 = 0,852$ кВт·ч/м². Фактическая плотность потока солнечной радиации, поступающая на поверхность бетона равна в ноябре $1,92 - 1,574 = 0,346$; январе $1,04 - 0,852 = 0,188$ кВт·ч/м².

Для трехслойного покрытия плотность потока солнечной радиации уменьшается в ноябре на $0,979 + 0,384 = 1,363$; январе $0,53 + 0,208 = 0,738$ кВт·ч/м². Фактическое поступление солнечной радиации составит в ноябре $1,92 - 1,363 = 0,557$; январе $1,04 - 0,738 = 0,302$ кВт·ч/м². Такое количество солнечной радиации не может решить энергетическую задачу термообработки бетона. В подобных случаях недостаточность одной энергии, в данном случае солнечной, восполняется другой, в исследованных камерах электроэнергией, но с применением другой технологии тепловой обработки бетона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Подгорнов, Н.И. Методы термообработки сборного и монолитного железобетона с использованием солнечной энергии [Текст]: дис. ... док. техн. наук: 05.02.22, 05.23.08 / Н.И. Подгорнов. – Москва, 2005. – 487 с.
2. Заседателев, И.Б. Гелиотермообработка сборного железобетона [Текст] / И.Б. Заседателев, Е.Н. Малинский, Е.С. Темкин. – Москва, Стройиздат, 1990.
3. Хашиев, О.А. Гибкая гелиотермообработка бетона на основе использования теплоаккумуляторов и дублирующих источников тепла [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / О.А. Хашиев. – Ростов-на-Дону, 1995. – 168 с.
4. Орозбеков, М.О. Комбинированная гелиотермообработка сборного железобетона в условиях жаркого климата [Текст]: дис. ... док. техн. наук: 05.23.08 / М.О. Орозбеков. – ОШ, 1994. – 270 с.
5. Борбоев, А.М. Тепловая обработка изделий из тяжелого бетона в теплоаккумулирующих гелиокамерах [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / А.М. Борбоев. – Москва, 1993.
6. Мирзаев, Ш.Р. Гелиотермообработка изделий из конструкционного теплоизоляционного керамзитобетона: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / Ш.Р. Мирзаев. – Москва, 1990.
7. Колчаров, А.К. Круглогодичная гелиотермообработка железобетонных изделий с применением предварительно разогретых смесей [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / А.К. Колчаров. – Москва, 1994.

Подгорнов Н.И.

Московская государственная академия коммунального хозяйства и строительства, г. Москва
Доктор технических наук, профессор кафедры «Технология строительного производства»
Тел.: +7 (499) 726-15-17

Коротеев Д.Д.

Московская государственная академия коммунального хозяйства и строительства, г. Москва
Аспирант кафедры «Технология строительного производства»
Тел.: +7 (499) 170-99-31, +7 (926) 267-81-71
E-mail: korotey@inbox.ru

ШИНТЯПКИН В.В.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ЯМНЫХ БИТУМОХРАНИЛИЩ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОЗАТРАТ И СОХРАНЕНИЯ КАЧЕСТВА БИТУМА

В статье дана сравнительная оценка энергозатрат при существующей технологии забора битума в ямных битумохранилищах и после их модернизации. Предлагается модернизация ямных битумохранилищ, исключающая обводнение битума и позволяющая снизить энергозатраты в 2,5-2,8 раза, а также сохранить качество битума.

Ключевые слова: энергозатраты, битумохранилище, локальный поверхностный забор битума, инфракрасный нагрев, битум, асфальтобетонный завод.

In article is giving the comparative estimation of power inputs for existing technology of a delivery of bitumen in underground warehouses of bitumen and after their modernization. Offered modernization for underground warehouses of bitumen will exclude penetration of waters in bitumen and allow to lower power inputs in 2,5-2,8 times and save quality of bitumen.

Keywords: power inputs, warehouse of bitumen, local superficial delivery of bitumen, infra-red heating, bitumen, asphalt plant.

Проблема низкого качества автомобильных дорог в настоящее время в России стоит особенно остро. И одной из основных задач дорожного строительства является увеличение срока службы покрытий дорог, а также снижение энергетических затрат в технологическом процессе производства асфальтобетонной смеси.

Известно, что существенное влияние на качество асфальтобетонных покрытий оказывает вяжущее – битум. Основными причинами низкого качества битума является несовершенство технологии производства битума на нефтеперерабатывающих заводах (НПЗ), а также высокотемпературная технология подготовки его на АБЗ при приготовлении асфальтобетонных смесей. При этом как технология, так и оборудование для производства асфальтобетонных смесей на АБЗ не соответствуют современному уровню развития техники. Особенно отсталым участком на АБЗ является битумное хозяйство [1].

В современной отечественной практике существуют два способа использования битума на АБЗ:

- работа с "колес";
- забор битума требуемого объема из хранилища большой емкости после длительного его хранения в нагретом состоянии.

Наилучший способ использования поступающего на АБЗ битума первый – без промежуточной операции слива, последующего разогрева и хранения в нагретом состоянии [2].

Однако из-за невозможности ритмичной поставки потребителям битума с НПЗ и его дороговизны в летний период производители вынуждены для обеспечения бесперебойной работы АБЗ закупать его в осенне-зимний период и для хранения использовать специальные склады – битумохранилища, емкость которых колеблется от нескольких сот до десятков тысяч тонн.

По конструкции битумохранилища подразделяются на наземные и подземные. Как следует из справки по технической оснащенности битумохранилищ, составленной по состоянию на конец 2003 года Управлением инноваций и технического нормирования в дорожном хозяйстве Министерства транспорта, объем битума, находящегося на хранении в ДРСУ составляет:

- в наземных битумохранилищах – 84850 тонн;
- в подземных хранилищах – 243110 тонн.

То есть объем битума в хранилищах подземного типа за сезон примерно в 2,9 раза превышает объем битума в хранилищах наземного типа, при этом 85% подземных битумохранилищ (за исключением Приморского края) имеют электроподогрев и только 16% из них обеспечены системами автоматического регулирования подогрева битума. Следовательно, основная масса битума хранится в хранилищах подземного типа и контроль за температурой нагрева битума в них практически отсутствует.

Известно, что в ямных хранилищах битум обводняется грунтовыми и ливневыми водами. За последние годы грунтовые воды в связи с сооружением искусственных морей существенно приблизились к поверхности земли, особенно эти явления отмечаются в Ростовской области, Краснодарском и Ставропольском краях. Обводненность битума в хранилищах по данным обследования асфальтобетонных заводов иногда достигает 10-15% [3].

В хранилищах битум подогревают с помощью стационарных тепловых нагревателей, в основном теплоэлектрических или паровых.

Нагрев битума в хранилище является длительным и энергоемким процессом [4], так как производится в статическом тепловом режиме и в больших объемах.

При традиционной технологии забора битума из хранилища через донную течку с шиббером в приямок попадает относительно холодный битум с большим содержанием воды, в то время как наиболее нагретый битум находится в верхних слоях хранилища.

А так как вязкость битума в хранилище очень высокая и развитие конвективных потоков в этом случае практически невозможно – тепло в основном распространяется теплопроводностью. Учитывая, что теплопроводность битума очень низкая ($\lambda_b=0,1 - 0,11$ ккал/м·час·°С), то разогрев его идет очень медленно. Поэтому для обеспечения непрерывной работы АБЗ весь битум, находящийся в хранилище поддерживается в подогретом состоянии.

Достоинством битумохранилищ ямного типа является то, что заполнение их битумом осуществляется самотеком, при этом тепловой энергии по сравнению с заполнением наземных хранилищ расходуется в 2-4 раза меньше.

Однако при нагреве и заборе битума из хранилища через приямок расходуются достаточно большие энергоресурсы:

- на нагрев большого объема битума в хранилище до температуры 50-60°С;
- на догрев битума в приямке до температуры 90-95°С;
- на компенсацию тепловых потерь через днище, боковые стенки и "зеркало" хранилища и приямка.

Поэтому для приближенной оценки энергозатрат на забор битума из битумохранилища ямного типа, например, выполненного по типовому проекту 708-12.84 УДК 69.656 вместимостью 500 тонн (12,×12,5 м) с приямком вместимостью 20 тонн (2,5×2,5×3,5 м) необходимо определить тепловые затраты не только на нагрев битума хранилище-приямок, но и тепловые потери в окружающую среду, которые достаточно велики.

Если принять, что забор битума производится дважды в сутки, то тепловые затраты определяются следующим образом:

- количество тепла на нагрев битума в хранилище при установившемся тепловом режиме:

$$Q_{x\bar{b}} = M_{x\bar{b}} \cdot c_b \cdot (t_{xk} - t_{xn}) \text{ (ккал);}$$

- и воды (предположительно 3%):

$$Q_{x\bar{v}} = M_v \cdot c_v \cdot (t_{xk} - t_{xn}) \text{ (ккал),}$$

где $M_{x\bar{b}}$ и M_v – соответственно масса нагреваемого в хранилище битума и влаги, кг; $c_b=0,44$ ккал/кг·°С – удельная теплоемкость битума; $c_v=1$ ккал/кг·°С – удельная теплоемкость воды; $t_{xk}=60$ °С – средняя конечная температура нагрева битума в хранилище; $t_{xn}=34,5$ °С – средняя начальная температура битума в хранилище;

- количество тепла на нагрев обводненного битума в приямке (считаем, что объем битума при заполнении приямка соответствует объему битума забираемого из приямка по 15 тонн дважды в сутки при 3% обводненности):

$$Q_{n\bar{b}} = M_{n\bar{b}} \cdot c_b \cdot (t_{kn} - t_{xk}) \text{ (ккал);}$$

- и для воды:

$$Q_{нв} = M_{нв} \cdot c_{в} \cdot (t_{кн} - t_{хк}) \text{ (ккал)},$$

где $M_{нв}=30000$ кг и $M_{пв}=900$ кг – соответственно масса нагреваемого в приемке битума и влаги; $t_{кп}=95^{\circ}\text{C}$ – конечная температура нагрева битума в приемке;

- количество тепла на компенсацию тепловых потерь от боковых стенок и днища хранилища в окружающую среду за один час:

$$Q_{хк} = \alpha_1 \cdot F_x \cdot (t_{срх} - t_0) \text{ (ккал)};$$

- и через зеркало испарения хранилища:

$$Q_{хз} = \alpha_2 \cdot F_{хз} \cdot (t_{срх} - t'_{х0}) \text{ (ккал)};$$

- количество тепла на компенсацию тепловых потерь от боковых стенок и днища приемка в окружающую среду:

$$Q_{хп} = \alpha_1 \cdot F_n \cdot (t_{срп} - t_в) \text{ (ккал)};$$

- и через зеркало испарения приемка:

$$Q_{пз} = \alpha_2 \cdot F_{пз} \cdot (t_{срп} - t'_{п0}) \text{ (ккал)},$$

где $F_x=112,5 \text{ м}^2$ и $F_n=28,75 \text{ м}^2$ – суммарные площади боковых стенок и днища соответственно хранилища и приемка с учетом нагретой массы битума в хранилище у общей стенки с приемком; $F_{хз}=75 \text{ м}^2$ и $F_{пз}=6,25 \text{ м}^2$ – соответственно площади зеркал поверхности хранилища и приемка; $\alpha_1=8,35 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч}^{\circ}\text{C}$ – коэффициент теплоотдачи от нагретой площади поверхности стенок и днища хранилища и приемка; $\alpha_2=11,8 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч}^{\circ}\text{C}$ – суммарный коэффициент теплоотдачи от площади поверхности хранилища и приемка в окружающую среду с учетом составляющей излучения; $t_{срх}=34,5^{\circ}\text{C}$, $t_{срп}=77,5^{\circ}\text{C}$, $t_0=8,7^{\circ}\text{C}$ – соответственно средние и начальная температуры битума в хранилище и приемке; $t'_{х0}=15^{\circ}\text{C}$ и $t'_{п0}=30^{\circ}\text{C}$ – средние температуры воздуха соответственно в хранилище и приемке.

С учетом принятых начальных условий, определяемых существующей технологией непрерывного нагрева битума и конструкцией стандартного ямного битумохранилища, по вышеописанной методике произведен приближенный расчет энергозатрат, результаты которого приведены в строке 1 таблицы 1.

Таблица 1 – Энергозатраты в ямных битумохранилищах на 500 тонн при заборе 30 тонн битума в течение суток

№№ пп	$Q_{хб}$, ккал	$Q_{хв}$, ккал	$Q_{пб}$, ккал	$Q_{пв}$, ккал	$Q_{хпн}$, ккал	$Q_{хк}$, ккал	$Q_{хз}$, ккал	$Q_{пк}$, ккал	$Q_{пз}$, ккал	$Q_{хпн}$, ккал	$Q_{об}$, ккал	Суммарные энергозатраты, ккал
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	675200	22950	462000	63000	1223150	581661	345150	215906	61950	1204667	1114700	3542517 (4119кВт)
2	337600	-	462000	-	799600	193887	115050	83040	61950	453927	-	1253527 (1457 кВт)

Примечание: 1. Строка 1 – энергозатраты в типовом ямном битумохранилище. 2. Строка 2 – энергозатраты в ямном битумохранилище после предлагаемой модернизации

Как следует из полученных результатов расчетов (таблица 1, строка 1), энергозатраты в существующих ямных битумохранилищах достаточно велики как на нагрев обводненного битума, так и на компенсацию тепловых потерь в окружающую среду. Причем тепловые потери в окружающую среду:

$$Q_{хит} = Q_{хк} + Q_{хз} + Q_{пк} + Q_{пз} = 1204678 \text{ (ккал)},$$

соизмеримы с затратами тепла на нагрев обводненного битума в хранилище и приямке, которые составляют:

$$Q_{\text{хнн}} = Q_{\text{хб}} + Q_{\text{хв}} + Q_{\text{лб}} + Q_{\text{лв}} = 1223150 \text{ (ккал)}.$$

Поэтому при разработке новой технологии нагрева и забора битума из хранилищ следует минимизировать энергозатраты не только на нагрев битума, но и на компенсацию тепловых потерь в окружающую среду.

Известно, что более 90% подземных битумохранилищ обводняется грунтовыми водами, что приводит к ускорению старения в них битума за счет химических превращений и вымывания низкомолекулярных компонентов, а также дальнейшей необходимости его обезвоживания. Процесс обезвоживания, который становится обязательным и по существующей технологии осуществляется выпариванием влаги из битума, приводит не только к дополнительному ухудшению качества битума (натурные исследования показали, что при обезвоживании битума снижается его пенетрация при 25°C на 2-3 единицы на каждый процент выпаренной влаги), но и требует значительных энергозатрат.

Определим энергозатраты на обезвоживание 30 тонн битума в течение суток. Считаем, что производится обезвоживание по 15 тонн битума дважды в сутки в котле емкостью 20 тонн и поверхностью $F_k=55 \text{ м}^2$. Время обезвоживания 15 тонн битума обводненностью 3% составляет $\tau_1=7$ часов. При этом коэффициент теплоотдачи в окружающую среду от поверхности котла $k_k=12 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C}$ при температурном напоре $\Delta t=30^\circ\text{C}$ [5].

Количество тепла на обезвоживание битума определяется как:

$$Q_{\text{об}} = Q_{\text{дб}} + Q_{\text{дв}} + Q_{\text{нн}} + Q_{\text{ко}} \text{ (ккал)},$$

где $Q_{\text{дб}} = M_{\text{б}} \cdot c_{\text{б}} \cdot (t_{\text{д}} - t_{\text{н}})$ и $Q_{\text{дв}} = M_{\text{в}} \cdot c_{\text{в}} \cdot (t_{\text{д}} - t_{\text{н}})$ – количества тепла необходимые на догрев обводненного битума в котле до температуры $t_{\text{д}}=120^\circ\text{C}$ интенсивного выпаривания воды из битума; $Q_{\text{нн}} = M_{\text{нв}} \cdot r$ и $Q_{\text{ко}} = F_k \cdot k_k \cdot \Delta t \cdot \tau_1$ (ккал) – количества тепла на испарение влаги и компенсацию тепловых потерь от нагретой поверхности котла обезвоживания ($r=539 \text{ ккал/кг}$ – удельная теплота парообразования).

Результаты расчета приведены в таблице 2, а значения $Q_{\text{об}}$ внесены в таблицу 1 (столбец 12).

Как следует из строки 1 таблицы 1 затраты тепла на компенсацию потерь во внешнюю среду в типовом хранилище и приямке и затраты тепла на обезвоживание весьма значительны даже при низкой обводненности битума. Эти потери могут быть уменьшены почти наполовину путем полного исключения попадания в хранилище грунтовых вод. Для чего необходима герметизация части хранилища, находящейся ниже отметки земли [6].

Для этого внутри хранилища, включая приямок, следует установить металлический каркас и прикрепить его к стенкам и днищу хранилища и приямка. Затем каркас обшивается листовым металлом, при этом сварные соединения листов должны быть герметичными. Герметизация подземной части хранилища может быть выполнена силами работников АБЗ, что значительно дешевле, чем приобретение нового наземного хранилища.

С целью дальнейшего снижения энергозатрат и сохранения качества битума при нагреве и заборе из хранилища сотрудниками отдела Автоматизации и энергосберегающих технологий ДорТрансНИИ РГСУ (г. Ростов-на-Дону) ведутся разработки по совершенствованию традиционных методов нагрева битума. Весомым результатом работы является устройство локального нагрева и поверхностного забора битума из хранилищ [7].

Для повышения эффективности метода поверхностного нагрева и забора битума из хранилища, минимизирующего процентное содержание влаги в забираемом битуме, возможно применение инфракрасных (ИК) нагревателей, прикрепленных к перекрытию в основном отсеке битумохранилища. Этот метод нагрева обеспечивает разогрев верхнего слоя битума до подвижного состояния, что позволяет существенно уменьшить энергозатраты и на нагрев битума в хранилище [8].

Для проведения сравнительной оценки энергозатрат на нагрев битума из хранилища по существующей технологии (таблица 1, строка 1) и по технологии после модернизации хра-

нилища проведен энергетический расчет тепловых затрат, результаты которого приведены в строке 2 таблицы 2.

Таблица 2 – Энергозатраты на обезвоживание 30 тонн битума при 3% обводнения

№№ пп	$Q_{дб}$, ккал	$Q_{дв}$, ккал	$Q_{пп}$, ккал	$Q_{ко}$, ккал	$Q_{об}$, ккал
	2	3	4	5	6
1	330000	22500	485000	277200	1114700

Из сравнения результатов расчета энергозатрат при существующей технологии нагрева и забора битума из ямных хранилищ и после их модернизации следует, что последние позволяют уменьшить энергозатраты в 2,5-2,8 раза. Если учесть, что энергозатраты уменьшаются на тысячи киловатт в сутки, то расходы на модернизацию хранилища окупятся за 2-3 месяца его эксплуатации.

Из вышеизложенного следует, что предлагаемая модернизация ямных битумохранилищ изменит технологию нагрева и забора битума, что позволит:

- уменьшить в 2,5-2,8 раза энергозатраты;

- полностью исключить возможность обводнения битума грунтовыми водами, а, следовательно, и операцию его обезвоживания, что даст возможность сохранить качество битума, то есть увеличить срок службы покрытий автодорог, а также улучшить экологию за счет существенного снижения тепловых потерь и выбросов летучих углеводородов в окружающую среду.

Конструкция ямного битумохранилища после модернизации проста, практична и надежна в эксплуатации, обладает достоинствами наземного и ямного хранилищ и может быть выполнена работниками АБЗ.

ЛИТЕРАТУРА:

- Новиков, А.Н. Асфальтосмесительные установки [Текст] / А.Н. Новиков. – М.: Высшая школа, 1987. – 284 с.
- Портнягин, В.Д. Особенности подготовки битума и приготовления асфальтобетонных смесей [Текст]: Учебное пособие / В.Д. Портнягин. – М.: Минавтодор, 1988. – 77 с.
- Илиополов, С.К. О проблемах технологии подготовки битума на АБЗ [Текст] / С.К. Илиополов, В.В. Шинтяпкин // Строительство – 2009: Материалы юбилейной Международной научно-практической конференции. – Ростов-на-Дону: РГСУ, 2009. – С. 48-49.
- Никулин, Ю.Я. О тепловых потерях на асфальтобетонных заводах [Текст] / Ю.Я. Никулин, С.С. Саенко, В.В. Шинтяпкин // Строительство – 2009: Материалы юбилейной Международной научно-практической конференции. – Ростов-на-Дону: РГСУ, 2009. – С. 50-51.
- Методические рекомендации по нормированию расхода топлива для приготовления асфальтобетонной смеси [Текст]: под ред. И.А. Рубцовой. – М.: СоюзДорНИИ, 1982. – 34 с.
- Шинтяпкин, В.В. Модернизация ямных битумохранилищ [Текст] / В.В. Шинтяпкин, Ю.Я. Никулин, О.О. Мелихов // Строительство – 2009: Материалы юбилейной Международной научно-практической конференции. – Ростов-на-Дону: РГСУ, 2009. – С. 44-45.
- Никулин Ю.Я., Гутикова Л.И. Устройство локального нагрева и забора битума из хранилища [Текст]: пат. 2346102 Рос. Федерация. № 2007122242/03: заявл. 13.06.2007: опубл. 10.02.2009. Бюл. № 4. 10 с.
- Шинтяпкин В.В., Мелихов О.О., Никулин Ю.Я. Ямное битумохранилище [Текст]: пат. 80463 Рос. Федерация. № 2008136235/22: заявл. 08.09.2008: опубл. 10.02.2009. Бюл. № 4. 9 с.

Шинтяпкин В.В.

Ростовский государственный строительный университет, г. Ростов-на-Дону.

Аспирант кафедры «Автомобильные дороги и аэродромы»

Тел.: +7 904 505 89 44.

E-mail: drmixx@hotmail.ru.

Научные специальности

Аспирантура		
Шифр	Наименование специальности	Научный руководитель
01.02.04	Механика деформируемого твердого тела	В.Г. Малинин Н.А. Малинина В.А. Гордон В.С. Шоркин А.В. Коробко
01.02.06	Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры	В.И. Чернышев Л.С. Ушаков Л.А. Савин Д.Н. Ешуткин
01.04.10	Физика полупроводников	В.Ф. Харламов
01.04.17	Химическая физика, в том числе физика горения и взрыва	В.Ф. Харламов
03.00.16	Экология	С.А. Куценко В.С. Громова
05.02.01	Материаловедение	С.А. Куценко
05.02.02	Машиноведение, системы приводов и детали машин	Л.А. Савин
05.02.08	Технология машиностроения	Ю.С. Степанов А.В. Киричек Г.А. Харламов А.С. Тарапанов А.В. Катунин
05.02.11	Методы контроля и диагностика в машиностроении	С.Ф. Корндорф К.В. Подмастерьев Т.И. Ногачева
05.02.22	Организация производства	К.В. Подмастерьев
05.03.01	Технологии и оборудование механической и физико-технической обработки	Ю.С. Степанов А.В. Киричек Г.А. Харламов А.С. Тарапанов А.В. Катунин
05.03.05	Технологии и машины обработки давлением	В.А. Голенков С.И. Вдовин С.Ю. Радченко Н.В. Петров О.В. Дорофеев
05.05.04	Дорожные и строительные машины	А.Н. Новиков
05.11.13	Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий	С.Ф. Корндорф К.В. Подмастерьев Т.И. Ногачева В.В. Мишин Е.В. Пахолкин
05.11.17	Приборы, системы и изделия медицинского	К.В. Подмастерьев

	назначения	
05.13.05	Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления	М.Т. Прасов
05.13.06	Автоматизация технологических процессов и производств	Ю.В. Колоколов А.И. Суздальцев С.Л. Косчинский
05.13.18	Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ	И.С. Константинов В.Т. Еременко О.А. Савина А.В. Коськин
05.16.04	Литейное производство	С.А. Куценко С.Ю. Радченко
05.18.01	Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства	В.В. Румянцева Е.А. Кузнецова
05.18.07	Биотехнология пищевых продуктов	Е.А. Кузнецова
05.18.12	Процессы и аппараты пищевых производств	В.П. Корячкин
05.18.15	Товароведение пищевых продуктов	Т.Н. Иванова Е.Н. Артемова
05.19.04	Технология швейных изделий	Ю.Н. Некрасов Е.Н. Ковешникова М.В. Родичева
05.20.03	Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве	А.Н. Новиков
05.22.10	Эксплуатация автомобильного транспорта	А.Н. Новиков
05.23.01	Строительные конструкции, здания и сооружения	В.И. Коробко В.И. Колчунов В.М. Бондаренко А.И. Никулин
05.23.05	Строительные материалы и изделия	М.Ю. Малькова Ю.И. Гончаров
05.23.17	Строительная механика	А.В. Коробко В.И. Коробко
05.26.01	Охрана труда	В.И. Чернышев Ю.Х. Поландов А.П. Лапин
08.00.01	Экономическая теория	В.Ф. Бондарев В.Т. Смирнов
08.00.05	Экономика и управление народным хозяйством	В.П. Лукин С.А. Никитин О.А. Савина В.Г. Садков Л.А. Попова С.А. Измалкова
08.00.10	Финансы, денежное обращение и кредит	В.Г. Садков
08.00.12	Бухгалтерский учет и статистика	Л.В. Попова

		В.Г. Садков
09.00.01	Онтология и теория познания	А.М. Старостенко
09.00.11	Социальная философия	А.М. Старостенко
12.00.02	Конституционное право; муниципальное право	А.А. Ковалкин Б.П. Носков В.Е. Сизов П.А. Астафичев
12.00.03	Гражданское право; предпринимательское право; семейное право; международное частное право	А.И. Дихтяр
12.00.08	Уголовное право и криминология; уголовно-исполнительное право	Б.В. Петухов Г.В. Назаренко Г.Т. Козлов
12.00.14	Административное право; финансовое право; информационное право	А.Л. Пашин Т.А. Гусева
12.00.15	Гражданский процесс; арбитражный процесс	А.И. Дихтяр
13.00.08	Теория и методика профессионального образования	Е.Н. Ковешникова В.С. Макеева Б.Г. Бобылев
18.00.02	Архитектура	Т.Н. Колесникова
22.00.08	Социология управления	А.М. Старостенко Н.А. Фролова

Докторантура		
Шифр	Наименование специальности	Научный руководитель
01.02.04	Механика деформируемого твердого тела	В.А. Гордон В.С. Шоркин А.В. Коробко В.Г. Малинин Н.А. Малинина
01.02.06	Динамика: прочность машин, приборов и аппаратуры	В.И. Чернышев Л.С. Ушаков Л.А. Савин Д.Н. Ешуткин
05.03.05	Технологии и машины обработки давлением	В.А. Голенков С.И. Вдовин
05.05.04	Дорожные и строительные машины	А.Н. Новиков
05.11.13	Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий	С.Ф. Корндорф К.В. Подмастерьев
05.13.06	Автоматизация технологических процессов и производств	Ю.В. Колоколов А.И. Суздальцев
05.18.01	Технология хлебопекарных, макаронных и кондитерских продуктов	С.Я. Корячкина
05.18.15	Товароведение пищевых продуктов	Т.Н. Иванова Е.Н. Артемова
05.23.01	Строительные конструкции, здания и сооружения	В.И. Коробко В.И. Колчунов В.М. Бондаренко
08.00.01	Экономическая теория	В.Ф. Бондарев В.Т. Смирнов
08.00.05	Экономика и управление народным хозяйством	В.П. Лукин С.А. Никитин О.А. Савина В.Г. Садков Л.А. Попова Л.В. Давыдова

Диссертационные советы

по защите докторских и кандидатских диссертаций

Д 212.182.01.	
05.11.13	Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий (технические науки).
05.13.06	Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность) (технические науки).
Председатель – доктор технических наук, профессор Ю.В. Колоколов (4862-41-98-79). Зам. председателя – доктор технических наук, профессор С.Ф. Корндорф (41-98-76). Ученый секретарь – доктор технических наук, профессор А.И. Суздальцев (41-98-79).	
Д 212.182.02.	
08.00.05	Экономика и управление народным хозяйством, в том числе: управление инновациями и инвестиционной деятельностью (экономические науки).
08.00.05	Экономика и управление народным хозяйством, в том числе: экономика, организация и управление предприятиями, отраслями, комплексами (промышленность) (экономические науки).
08.00.05	Экономика и управление народным хозяйством, в том числе: маркетинг (экономические науки).
Председатель – доктор экономических наук, профессор С.А. Никитин (4862-45-41-35). Зам. председателя – доктор экономических наук, профессор В.Ф. Бондарев (41-95-04). Ученый секретарь – доктор экономических наук, доцент С.А. Измалкова (45-41-35)	
Д 212.182.03.	
01.02.04	Механика деформируемого твердого тела (технические науки).
01.02.06	Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры (технические науки).
05.03.05	Технологии и машины обработки давлением (технические науки).
05.05.04	Дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины (технические науки).
Председатель - доктор технических наук, профессор В.А. Голенков (4862-42-00-24). Зам. председателя - доктор технических наук, профессор В.А. Гордон (41-98-48). Ученый секретарь – кандидат технических наук, доцент М.И. Борзенков (43-48-90).	
Д 212.182.04.	
08.00.01	Экономическая теория (экономические науки).
08.00.10	Финансы, денежное обращение и кредит (экономические науки)
08.00.12	Бухгалтерский учет, статистика (экономические науки).
Председатель – доктор экономических наук, профессор Л.В. Попова (4862-41-98-60); Зам. председателя – доктор экономических наук, профессор В.Т. Смирнов (41-95-04); Ученый секретарь – кандидат экономических наук, доцент И.А. Дрожжина (41-95-04).	
ДМ 212.182.05.	
05.23.01	Строительные конструкции, здания и сооружения (технические науки).
05.23.17	Строительная механика (технические науки).
Председатель – доктор технических наук, профессор В.И. Колчунов (4862-73-43-49);	

Зам. председателя – доктор технических наук, профессор А.В. Коробко (41-98-46); Ученый секретарь – кандидат технических наук, доцент А.И. Никулин (73-43-65).	
Д 212.182.06.	
05.02.11	Методы контроля и диагностика в машиностроении (технические науки).
05.03.01	Технологии и оборудование механической и физико-технической обработки (технические науки).
05.02.08	Технология машиностроения (технические науки).
Председатель – доктор технических наук, профессор Ю.С. Степанов (4862-47-50-71); Зам. председателя – доктор технических наук, профессор А.В. Киричек (54-15-03); Ученый секретарь – кандидат технических наук, доцент Ю.В. Василенко (54-14-19).	
7. ДМ 212.182.07.	
05.05.04	Дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины (технические науки).
05.22.10	Эксплуатация автомобильного транспорта (технические науки).
Председатель – доктор технических наук, профессор В.А. Корчагин; Зам. председателя – доктор технических наук, профессор А.Н. Новиков(4862-41-25-45); Зам. председателя – доктор технических наук, профессор Л.С. Ушаков (73-43-51, 41-98-85); Ученый секретарь – кандидат технических наук, доцент А.Л. Севостьянов (76-29-94)	
Адрес: 302020 Россия г.Орел, Наугорское шоссе, 29 Каб. № 222, 223 Тел./факс: (4862) 41-91-18 E-mail: upk@ostu.ru	

Уважаемые коллеги!

В Орловском государственном техническом университете с 2004 г. издается научный журнал «Известия ОрелГТУ». Серия «Строительство. Транспорт», в котором Вы можете опубликовать свои статьи по широкому спектру проблем в следующих областях:

Строительство

- эффективные архитектурно-конструктивные решения зданий и сооружений;
- энергосберегающие технологии в строительном комплексе;
- развитие теории расчета сооружений и элементов строительных конструкций, оснований и фундаментов;
- вопросы безопасности зданий и сооружений.
- строительные технологии, материалы и изделия;
- теория архитектуры и градостроительства;
- архитектурно-строительное проектирование;
- синтез искусств в архитектуре и др.

Транспорт

- современные технологии и технологическое оборудование, используемые для технического обслуживания, ремонта автомобилей и реновации их деталей;
- системный анализ, управление и обработка информации в транспортном комплексе;
- повышение эффективности эксплуатации автомобильного транспорта;
- проблемы качества энерго- и ресурсосбережения на автомобильном транспорте;
- экологическая безопасность транспортного комплекса.

Журнал открыт для рекламы, оплата – на договорной основе.

Объем статьи, как правило, не должен превышать 7 стр., рекламного объявления – не более 1 стр. Материал принимается в файловом виде: по электронной почте, на дискетах 3,5 дюйма или на CD-диске, выполненный в любом из текстовых редакторов Word, с приложением распечатки. С аспирантов плата за публикацию не взимается.

ОБЯЗАТЕЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЬИ:

- Объем материала, предлагаемого к публикации, измеряется страницами текста на листах формата А4 и содержит от 3 до 7 страниц (заполнение последней страницы – не менее 75 процентов; все страницы рукописи должны иметь сплошную нумерацию. Объем рекламного объявления не должен превышать 1 страницу).
- Статья предоставляется в 1 экземпляре на бумажном носителе и в электронном виде (по электронной почте или на любом электронном носителе).
- В одном сборнике может быть опубликована только одна статья одного автора, включая соавторство.
- Статьи должны быть набраны шрифтом Times New Roman, размер 12 pt с одинарным интервалом, текст выравнивается по ширине; абзацный отступ – 1,25 см, правое поле – 2 см, левое поле – 2 см, поля внизу и вверху – 2 см.
- Название статьи, а также фамилии и инициалы авторов обязательно дублируются на английском языке.
- К статье прилагается перечень ключевых слов на русском и английском языке.
- В тексте статьи желательно:
 - не применять обороты разговорной речи, техницизмы, профессионализмы;
 - не применять для одного и того же понятия различные научно-технические термины, близкие по смыслу (синонимы), а также иностранные слова и термины при наличии равнозначных слов и терминов в русском языке;
 - не применять произвольные словообразования;
 - не применять сокращения слов, кроме установленных правилами русской орфографии, соответствующими государственным стандартам.
- Сокращения и аббревиатуры должны расшифровываться по месту первого упоминания (вхождения) в тексте статьи.

ПОСТРОЕНИЕ СТАТЬИ

- УДК (сверху слева) с абзацным отступом.
 - С пропуском одной строки – выровненные по центру страницы и набранные прописными буквами светлым шрифтом прямого начертания инициалы и фамилии авторов (ИВАНОВ И.И.).
 - С пропуском одной строки – название статьи, набранное без абзацного отступа прописными буквами полужирным шрифтом 14 pt и расположенное по центру страницы.
 - С пропуском одной строки – краткая (не более 10 строк) аннотация, набранная с абзацного отступа курсивным шрифтом 10 pt на русском языке.
 - Краткая (не более 10 строк) аннотация, набранная с абзацного отступа курсивным шрифтом 10 pt на английском языке, отделенная от предыдущей аннотации одинарным интервалом.
 - Основной текст статьи. Заголовки подразделов набирают с абзацным отступом полужирным шрифтом прописными буквами (размер 12 pt), выравнивание по левому краю. Заголовки и подзаголовки отделяют от основного текста одинарным интервалом сверху.
-

Пример оформления

УДК 539.4:620.179

МАЛИНИН В.Г., МАЛИНИН В.В.

ДВУХУРОВНЕВЫЙ СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИЙ ГРАДИЕНТНЫЙ КРИТЕРИЙ РАЗРУШЕНИЯ

На основе системного подхода структурно-аналитической мезомеханики формулируется двухуровневый структурно-механический, градиентный критерий разрушения, позволяющий развить методики оценки параметров трещиностойкости и учитывающий влияние зон структурных концентраторов на прочность в окрестности макроконцентратора напряжений.

Ключевые слова: критерий разрушения, напряжения, прочность.

On the basis of the system approach structural - analytical mezo mechanics it is formed two-level structural - mechanical gradiental criterion of the destruction, allowing to develop techniques of an estimation of parameters crack of resistance and taking into account influence of zones of structural concentrators on durability in a vicinity of the macroconcentrator of stresses.

Key words: criterion of destruction, a pressure, durability.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Прочностное состояние нагруженного твердого тела находится между хрупким и вязким, различие между которыми в механическом аспекте зависит от вида напряженно-деформированного состояния, истории нагружения, эволюции дефектной структуры и определяется соотношением энергетических затрат на обратимые и необратимые явления деформирования. В связи с этим возникает необходимость рассмотрения прочностного состояния материала в изделиях с макроконцентраторами с учетом влияния структурного состояния на микро- и мезомасштабном уровнях и влияния неоднородности макронапряженного состояния на локальные механические характеристики материала. Поставленную задачу можно решать в рамках градиентного подхода оценки локальной прочности в зоне концентрации напряжений, рассматривая состояние материала по двум критериям с непрерывным переходом из одного в другой.

Таблицы, рисунки, формулы

• Все таблицы, рисунки и основные формулы, приведенные в тексте статьи, должны быть пронумерованы.

• Формулы следует набирать в редакторе формул Microsoft Equation 3.0 с размерами: обычный шрифт – 12 pt, крупный индекс – 10 pt, мелкий индекс – 8 pt. Формулы, внедренные как изображение, не допускаются! Русские и греческие буквы, а также обозначения тригонометрических функций, набираются прямым шрифтом, латинские буквы – *курсивом*.

• Формулы выравнивают по левому краю страницы с абзацным отступом и нумеруют (только те, на которые приводят ссылки); порядковый номер формулы обозначается арабскими цифрами в круглых скобках около правого поля страницы.

• В формулах в качестве символов следует применять обозначения, установленные соответствующими государственными стандартами. Описание начинается со слова «где» без двоеточия, без абзацного отступа; пояснение каждого символа дается в той последовательности, в которой символы приведены в формуле. Единицы измерения даются в соответствии с Международной системой единиц СИ.

• Переносить формулы на следующую строку допускается только на знаках выполняемых операций, причем знак в начале следующей строки повторяют.

Пример оформления формулы в тексте

$$q_1 = (\alpha - 1)^2 \left(1 + \frac{1}{2\alpha}\right) / d, \quad (11)$$

где $\alpha = 1 + 2a/b$ – коэффициент концентрации напряжений; $d=2a$ – размер эллиптического отверстия вдоль опасного сечения.

• Рисунки и другие иллюстрации (чертежи, графики, схемы, диаграммы, фотоснимки) следует располагать непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые.

• Если рисунок небольшого размера, желательно его обтекание текстом.

• Подписи к рисункам выравнивают по ширине страницы, в конце подписи точка не ставится:

Рисунок 1 – Текст подписи

• Пояснительные данные набираются шрифтом прямого начертания 12 pt и ставят после наименования рисунка.

Пример оформления рисунка в тексте

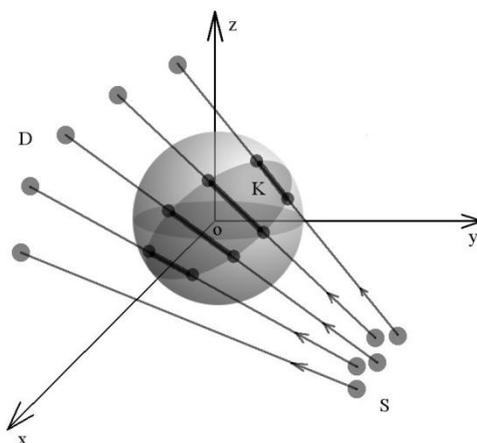


Рисунок 1 – Схема сканирования объекта: S – множество источников; D – множество детекторов; K – множество элементарных объемов тела, через которые прошел луч

Пример оформления списка литературы

ЛИТЕРАТУРА

1. Валиев, Р.З. Наноструктурные материалы, полученные интенсивной пластической деформацией [Текст] / Р.З. Валиев, И.В. Александров. – М.: Логос, 2000. – 271 с.

Сведения об авторах

• В конце статьи приводятся набранные 10 pt сведения об авторах в такой последовательности: Фамилия, имя, отчество (полужирный шрифт); учреждение или организация, ученая степень, звание, должность, адрес, телефон, электронная почта (обычный шрифт).

Пример оформления сведений об авторах

Константинов И.С.

Орловский государственный технический университет, г. Орел
Доктор технических наук, заведующий кафедрой «Информационные системы», профессор
Тел.: +7 (4862) 40-96-14
E-mail: konstantinov@ostu.ru

Бизин И.В.

Орловский государственный технический университет, г. Орел
Ассистент кафедры «Информационные системы»
Тел.: +7 (4862) 43-26-19
E-mail: bizin@yandex.ru

Адрес учредителя:

Орловский государственный технический университет
302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29
+7 (4862) 73-43-48
www.ostu.ru
E-mail: oantc@ostu.ru

Технический редактор С.В. Солопов
Компьютерная верстка С.В. Солопов

Подписано в печать 24.08.2009 г.
Формат 70x108 1/16. Усл. печ. л. 3,9.
Тираж 300 экз.
Заказ № _____

Отпечатано с готового оригинал-макета на полиграфической базе ОрелГТУ
302030, г. Орел, ул. Московская, 65.